

**PRACTICA EMPRESARIAL ENFOCADA A LA DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA  
EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO Y AL TRABAJO DE CAMPO  
PARA LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y DE UNIDADES GEOLÓGICAS  
SUPERFICIALES (UGS), A ESCALA 1:25.000, PARA LA CUENCA  
HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA, NORTE DE SANTANDER**

**MARÍA JULIANA PUENTE SANTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA  
2017**

**PRACTICA EMPRESARIAL ENFOCADA A LA DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA  
EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO Y AL TRABAJO DE CAMPO  
PARA LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y DE UNIDADES GEOLÓGICAS  
SUPERFICIALES (UGS), A ESCALA 1:25.000, PARA LA CUENCA  
HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA, NORTE DE SANTANDER**

**MARÍA JULIANA PUENTE SANTOS**

**Trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título  
de geóloga**

**Director:**

**GUILLERMO VARGAS PIESCHACÓN  
Especialista en Geotecnia Ambiental**

**Tutor:**

**MIGUEL ROBERTO SILVA MONSALVE  
Magister en Ingeniería-Geotecnia**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-QUÍMICAS  
ESCUELA DE GEOLOGÍA  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

*A mi familia; a Julián; y a todos aquellos que ayudaron a lo largo de mis años universitarios, especialmente a Camilo, quien jugó un papel muy importante a lo largo de toda mi vida universitaria, que fue un gran amigo y compañero, que a pasar de las situaciones siempre sonreía y me brindaba su apoyo y que lastimosamente ya no está aquí.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia, mi mamá por apoyarme siempre y en todo lugar, mi papa, que siempre ha depositado su confianza en mí y ayudado cuando lo necesito y a mi hermana por su paciencia; a Julián por su cariño y colaboración; a Orlando, Diana y Gerardo por haberme colaborado amablemente en la realización de este proyecto; y a Lalis por que ha sido una amiga y concejera.*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	18
1. OBJETIVOS.....	20
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
2. MARCO TEÓRICO .....	21
3. JUSTIFICACIÓN.....	38
4. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA .....	39
5. METODOLOGÍA .....	41
5.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO.....	41
5.2 PREPARACIÓN PARA CAMPO.....	44
5.3 TRABAJO DE CAMPO .....	52
5.4 ENTREGA DE ANEXOS.....	57
5.5 MEMORIA TÉCNICA .....	61
6. RESULTADOS.....	63
6.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELOS .....	63
6.2 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA.....	64
6.1 MEMORIA TÉCNICA .....	75
6.1.1 Evolución geológica.....	75

6.1.2 Marco geológico regional .....	81
6.1.2 Litoestratigrafía .....	87
6.1.2.1 Estratigrafía.....	88
6.1.3 Geología Estructural .....	124
6.1.3.1 Fallas .....	124
6.1.3.2 Falla Carbonera .....	125
6.1.3.3 Pliegues .....	126
6.2 DESARROLLO DE COMPETENCIAS.....	128
7. CONCLUSIONES .....	129
8. RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	132
ANEXOS.....	133

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Localización de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.....	40
Figura 2. Salida cartográfica preliminar de las carreteras, con la delimitación de los municipios. ....	46
Figura 3. Salida cartográfica preliminar de las unidades geológicas superficiales de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.....	46
Figura 4. Salida cartográfica preliminar de las unidades geológicas de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia. ....	48
Figura 5. Mapa de la cuenca hidrográfica del río Zulia con los puntos de las estaciones propuestas de geología y de apiques. ....	48
Figura 6. Mapa de planchas geológicas a escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano a partir del cual se realizó el mapa de geología.....	51
Figura 7. Localización de los puntos finales de las estaciones de geología. ....	56
Figura 8. Salida cartográfica final de unidades geológicas de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia. ....	67
Figura 9. Salida cartográfica final de unidades geológicas superficiales (UGS) de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia. ....	74
Figura 10. Mapa de provincias de Colombia teniendo en cuenta el basamento. ....	78
Figura 11. Caracterización tectónica de Norte de Santander. ....	79
Figura 12. Localización tectónica de Colombia.....	82
Figura 13. Aspectos fisiográficos del territorio colombiano. 1. Llanos Orientales, 2. Región Andina, 3. Región Caribe. ....	83
Figura 14. Localización de la Cuenca del Río Zulia en Colombia.....	87

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	<b>Pág.</b>
Fotografía 1. Muestras organizadas en una caja de madera tal como llegan al laboratorio para ser descritas.....	42
Fotografía 2. Muestra de suelo envuelta en papel film y en papel vinipel de tal forma que no pierda su humedad para poder observar sus características de la forma como se encontraba in situ. ....	43
Fotografía 3. Registro fotográfico de la muestra número uno, del primer sondeo del proyecto de la Plaza de Ferias de San Vicente (preyecto de la alcaldía de San Vicente de Chucurí). ....	43
Fotografía 4. Registro fotográfico del apique 17. ....	53
Fotografía 5. Apique 17 correspondiente a un suelo residual de roca tipo pegmatita. ....	54
Fotografía 6. Afloramiento de roca sedimentaria de tipo subarcosa de la Formación Colón-Mito Juan perteneciente a la estación CZ-16. ....	55
Fotografía 7. Afloramiento de roca metamórfica de tipo cuarcita de la Formación Silgará perteneciente a la estación CZ-47. ....	55
Fotografía 8. Figura 8. Afloramiento de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará, de aproximadamente 25 metros de espesor. Orientación S43E/N43W. ....	59
Fotografía 9. Figura 9. Afloramiento de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará, de aproximadamente 25 metros de espesor. Orientación S43E/N43W. ....	59
Fotografía 10. Muestra de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará. ....	60
Fotografía 11. Neis Cuarzo Biotítico, Neis de Bucaramanga (PEb). Orientación S66E-N66W. Coordenadas: 1147494 m E, 1313167 m N, 2136 msnm. ....	90
Fotografía 12. Esquisto Moscovítico, Formación Silgará (pDs). Orientación N15E-S15W. Coordenadas: 1147202 m E, 1319854 m N, 1795 msnm. ....	92

Fotografía 13. Ortoneis (pDo). Orientación N25E-S25W. Coordenadas: 1130852 m E, 1331861 m N, 1497 msnm. ....	94
Fotografía 14. Granito de Arboledas (TJgr). Orientación S35E-N35W. Coordenadas: 1144052 m E, 1328893 m E, 1147 msnm. ....	98
Fotografía 15. Formación Capacho (K1c). Coordenadas: 1142224 m E, 1363094 m N, 943 msnm.....	108
Fotografía 16. Formación La Luna (K2l). Orientación S48W-N48E. Coordenadas: 1141021 m E, 1352196 m N, 810 msnm. ....	110
Fotografía 17. Areniscas y lodolitas de la Formación Colón-Mito Juan (K2cmj). Coordenadas: 1153227 m E, 1374876 m N, 430 msnm. ....	112
Fotografía 18. Formación Barco (E1b). Coordenadas: 1163458 m E, 1394626 m N, 192 msnm. ....	114
Fotografía 19. Areniscas y lodolitas de la Formación Los Cuervos (E1lc). S35E-N35W. Coordenadas: 1156275 m E, 1363040 m N, 667 msnm. ....	116
Fotografía 20. Areniscas de la Formación Mirador (E2m). OrientaciónS55W-N55E. Coordenadas: 1157135 m E, 1376987 m N, 240 msnm. ....	118
Fotografía 21. Formación Carbonera (E2c). Orientación N3E-S3W. Coordenadas: 1163458 m E, 1355374 m N, 799 msnm. ....	119
Fotografía 22. Formación León (E3l). Orientación S30E-N30W. Coordenadas: 1171376 m E, 1372190 m N, 280 msnm. ....	120
Fotografía 23. Formación Guayabo (E3g). Orientación N54E-S54W. Coordenadas: 1158993 m E, 1363233 m N, 310 msnm. ....	122

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1. Componentes y temáticas correspondientes a la fase de diagnóstico de la formulación e implementación del plan de ordenación y manejo de La Cuenca Hidrográfica.....	25
Cuadro 2. Tipos de roca y su composición. ....	26
Cuadro 3. Tipos de roca y su composición. ....	27
Cuadro 4. Tabla guía para tamaño de clastos y cristales. ....	28
Cuadro 5. Espesor de estratificación. ....	29
Cuadro 6. Clasificación de Rocas Ígneas según su textura.....	30
Cuadro 7. Clasificación de las unidades de roca de acuerdo a su dureza.....	31
Cuadro 8. Terminología para describir la dureza o consistencia de las rocas. ....	32
Cuadro 9. Factor GSI para macizos rocoso.....	33
Cuadro 10. Compilación de las estaciones realizadas en campo con su respectiva litología. ....	66

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Fases principales de un POMCA. ....	24
Tabla 2. Perfil de meteorización de Dearman y Fookes (1971). ....	29
Tabla 3. Porosidad eficaz de un material. ....	34
Tabla 4. Valores de permeabilidad en diferentes terrenos. ....	34
Tabla 5. Clasificación de rocas sedimentaria químicas y orgánicas. ....	35
Tabla 6. Clasificación de rocas sedimentarias detríticas. ....	35
Tabla 7. Formato de apique. ....	37
Tabla 8. Datos estructurales de la estación CZ-47. ....	58
Tabla 9. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	69
Tabla 10. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	70
Tabla 11. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	71
Tabla 12. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	72
Tabla 13. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	73
Tabla 14. Descripción y compilación de las estaciones de UGS. ....	73

## LISTA DE ANEXOS\*

Anexo A. Cartera de Campo de Geología Vacía

Anexo B. Formatos de Apiques Vacíos

Anexo C. Formato de Tablas

Anexo D. Formatos de Apiques en Digital

Anexo E. Cartera de Campo de Geología escaneada

Anexo F. Cartera de Campo Digital

Anexo G. Registro Fotográfico de Geología

Anexo H. Compilación de las estaciones realizadas en campo con su respectiva litología...

---

\* Ver documentos adjuntos en el CD ROOM

## GLOSARIO

**CUENCA** Extensión de terreno más ancha y menos profunda que un valle, cuyas aguas se vierten en un río, en un lago o en el mar.

**GEOTECNIA** Parte de la geología aplicada que estudia la composición y propiedades de la zona más superficial de la corteza terrestre, para el asiento de todo tipo de construcciones y obras públicas.

**POMCA** Plan de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas.

**SUELO** es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación, que se forma por la descomposición de rocas por cambios bruscos de temperatura y por la acción de la humedad, aire y seres vivos.

**UGS** Unidades geológicas superficiales.

## RESUMEN

**TÍTULO:** PRACTICA EMPRESARIAL ENFOCADA A LA DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO Y AL TRABAJO DE CAMPO PARA LA CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA Y DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES (UGS), A ESCALA 1:25.000, PARA LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA, NORTE DE SANTANDER\*

**AUTOR:** MARÍA JULIANA PUENTE SANTOS\*\*

**PALABRAS CLAVE:** GEOTECNIA, SUELO, POMCA, CUENCA, UGS

### DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto se realizó mediante dos enfoques principales; el primer enfoque corresponde al análisis y descripción en laboratorio de muestras de suelo, mediante la agrupación de las muestras en segmentos de cada sondeo, pertenecientes a diferentes proyectos.

El segundo enfoque corresponde a la realización del trabajo de campo en la cuenca hidrográfica del Río Zulia focalizado a la verificación de la geología y de las unidades geológicas superficiales (UGS) como insumo para la elaboración de la cartografía geológica y la cartografía de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:25.000. Este enfoque consta de cuatro partes correspondientes a la preparación para campo, el trabajo de campo, la entrega de anexos y la memoria técnica. En la preparación para campo se organizan los formatos y mapas para llevar a campo, se determina el sitio base a partir del cual se comenzarían a realizar las estaciones de geología y de UGS y se determinó una ruta a seguir; el trabajo de campo se realizó mediante dos campañas interrumpidas por causa de un paro paramilitar, la primera campaña se realizó partiendo desde la ciudad de Cúcuta realizando las estaciones de geología y UGS ubicadas hacia la zona centro y norte de la cuenca, y la segunda campaña de campo se realizaron las estaciones de geología y UGS ubicadas en la región sur de la cuenca, tomando como punto de partida el municipio de Cucutilla. Para la entrega de anexos se recopila y digitaliza la información obtenida en campo y se realizaron los registros fotográficos; y finalmente se realiza la memoria técnica de geología que cuenta con una evolución geológica, un marco tectónico regional, una descripción litoestratigráfica de cada unidad y una geología estructural que define las principales estructuras de la cuenca.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología Director: Guillermo Vargas Pieschacón Geólogo y Especialista en Geotécnica Ambiental Tutor: Miguel Roberto Silva Monsalve Magister en Ingeniería-Geotecnia

## ABSTRACT

**TÍTULO:** PROYECT FOCUSED TO GEOTECHNICAL DESCRIPTION DESCRIPCIÓN IN LABORATORY OF SOIL SAMPLES AND TO THE FIELTRIP FOR THE GEOLOGICAL AND SURFACE GEOLOGICAL UNITS (UGS) MAPPING AT SCALE 1:25.000 FOR THE ZULIA RIVER BASIN IN NORTE DE SANTANDER.\*

**AUTHOR:** MARÍA JULIANA PUENTE SANTOS\*\*

**KEY WORDS:** GEOTECHNIC, SOIL, POMCA, BASIN, UGS

### DESCRIPTION:

The present project was made with two main approaches; The first approach corresponds to the analysis and description in the laboratory of soil samples, by grouping the samples into segments of each study, belonging to different projects.

The second approach corresponds to the fieldtrip in the Zulia River basin focused on the verification of geology and Surface Geological Units (UGS) as input for the development of geological mapping and the mapping of Surface Geological Units (UGS) at scale 1: 25.000. This approach consists of four parts corresponding to fieldtrip preparation, fieldtrip, attachment presentation and technical memory. In the preparation for the fieldtrip, the formats and maps to be taken to the field are organized, the base site is determined from which the geology and UGS stations will be started and is chosen a route to be followed; The fieldwork was carried out through two fieldtrips interrupted because of a paramilitary strike, the first fieldtrip was made starting from Cúcuta city performing the geology and UGS stations located towards the center and north of the basin, and in the second fieldtrip were performethe geology and UGS stations located in the southern region of the basin, taking as a starting point Cucutilla town. For the attachments presentation, the information obtained in the field is collected and digitized and the photographic records are made; And finally the geological technical memory is realized and it consists of a geological evolution, a regional tectonic framework, a lithostratigraphic description of each unit and a structural geology that defines the main structures of the basin.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of Physicochemical Engineering. School of Geology Director: Guillermo Vargas Pieschacón Geologist and Environmental Geotechnical Specialist Tutor: Miguel Roberto Silva Monsalve Magister in Engineering-Geotechnics

## INTRODUCCIÓN

ConstruSuelos de Colombia S.A.S es una empresa Santandereana enfocada a la realización de proyectos de ingeniería civil y estudios geotécnicos, la cual fue fundada en el año 2003 en Floridablanca Santander. Esta empresa se dedica a la realización de Estudios de Suelos, ensayos de laboratorio, y pavimentos, diseño estructural, y contratación de obras civiles. El gerente y fundador de la empresa es el Ingeniero especialista en geotecnia Miguel Ángel Camargo Jaimes y el director Técnico es el Ingeniero Msc. Miguel Roberto Silva Monsalve.

En esta práctica empresarial se trabajó en el área de geología para la realización del proyecto de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia de Norte de Santander como también en la realización de descripciones geotécnicas en laboratorio de muestras de suelo de diferentes proyectos destinados a la realización de obras civiles.

En cuanto al enfoque correspondiente al trabajo de campo a escala 1:25.000 para la cartografía geológica y de unidades geológicas superficiales de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, se participó en el trabajo de campo para la actualización y la revisión de la geología y de las unidades geológicas superficiales (UGS) presentes en la cuenca; la información obtenida en campo corresponde a la vez como un insumo para la realización de ajustes de las salidas cartográficas. Con base en la información adquirida se realiza una memoria técnica de geología la cual cuenta con un marco geológico regional y local, una litoestratigrafía en la que se describe cada unidad presente en la cuenca, una evolución geológica regional y local, y una geología estructural.

En cuanto al enfoque correspondiente a la realización de descripciones geotécnicas en laboratorio de muestras de suelo, las actividades desarrolladas

fortalecen las capacidades de descripción de materiales geológicos y la organización y manejo de dicho material en el ámbito de un laboratorio de geotecnia, de este modo, se realizan descripciones de muestras de suelo de diferentes proyectos agrupando las muestras de cada sondeo en segmentos, facilitando así su descripción.

Este informe ha sido organizado de acuerdo a las actividades realizadas a lo largo de la práctica conservando siempre el orden cronológico de esta.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Hacer descripciones geotécnicas de muestras para estudios de suelo destinados a la elaboración de obras civiles y realizar un trabajo de campo en la cuenca hidrográfica del Río Zulia como insumo para la elaboración de la cartografía geológica y la cartografía de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:25.000.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un informe que demuestre las actividades realizadas a lo largo de la práctica.
- Siguiendo el protocolo dado por la empresa, elaborar descripciones de muestras de suelo agrupadas en segmentos de los diferentes proyectos.
- Elaborar con la información obtenida en el trabajo de campo un insumo de calibración para los profesionales que tienen a su cargo la elaboración de las salidas cartográficas.
- Mediante el desarrollo de la práctica fortalecer competencias cognitivas y sociales como la aplicación del conocimiento teórico del área de geología y el trabajo en equipo para llevar a cabo las labores correspondientes a la práctica.

## 2. MARCO TEÓRICO

La descripción geotécnica en laboratorio de muestras de suelo se basó en los criterios de la norma del INVIAS para la descripción de muestras de suelo, INV E-102<sup>1</sup>, la cual se muestra a continuación:

- Tamaño de grano:
  - Grava: roca que pasa el tamiz de 75 mm y queda retenida en el tamiz de 4.75 mm. Se divide en:
    - Gruesa: pasa por el tamiz de 75 mm y se retiene en el tamiz de 19 mm.
    - Fina: pasa por el tamiz de 19 mm y se retiene en el tamiz de 4.75 mm.
  - Arena: partículas de roca que pasan por el tamiz de 4.75 mm y quedan retenidas en el tamiz de 4.75 mm.
    - Gruesa: pasa por el tamiz de 4.75 mm y se retiene en el tamiz de 2 mm.
    - Media: pasa por el tamiz de 2 mm y se retiene en el tamiz de 475  $\mu$ m.
    - Fina: pasa por el tamiz de 2  $\mu$ m y se retiene en el tamiz de 75  $\mu$ m.
  - Arcilla: Suelo que pasa por el tamiz de 75  $\mu$ m, que exhibe plasticidad con un cierto nivel de humedad.
  - Limo: pasa el tamiz de 75  $\mu$ m y es ligeramente plástico.
- Plasticidad:
  - No plástico: no pueden formarse rollos de tres milímetros de diámetro con ningún contenido de Humedad.

---

<sup>1</sup> INVIAS. Sección 100- Suelos (INV E-13). Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual). INV E 102-13. 2013. p. 15-28. [Consultado 30 agosto 2016]. Disponible en: <http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/SECCI%C3%83%E2%80%99CN%20100%20INV%20E-13.pdf>

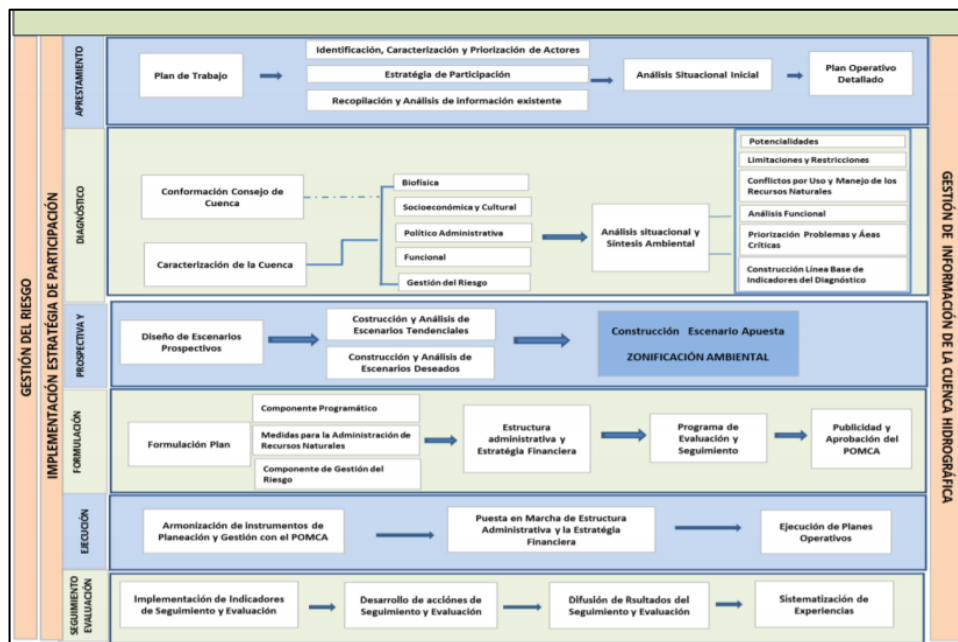
- Baja: difícilmente pueden formarse rollitos y terrones cuando está más seco que el límite plástico.
  - Media: es fácil de formar rollitos y pronto alcanza el límite plástico. No puede volverse a enrollar la misma muestra después de que alcanza el límite plástico. Los terrones se desmoronan cuando se secan por debajo del límite plástico.
  - Alta: toma considerable tiempo formar rollos y remodelarlos para alcanzar el límite plástico, pero pueden volverse a enrollar varias veces la misma muestra después de alcanzar el límite plástico. Pueden formarse terrones sin que se desmoronen cuando estén más secos que el límite plástico.
- Angulosidad:
    - Angulosa: partículas con bordes agudos y caras relativamente planas con superficies sin pulimentar.
    - Sub-angulosa: partículas similares a las angulosas pero con bordes algo redondeados.
    - Sub-redondeada: partículas con casi todas las caras planas pero con esquinas y bordes redondeados.
    - Redondeada: partículas con lados curvados suavemente y sin bordes.
- Forma de las Partículas:
    - Planas
    - Alargadas
    - Planas y alargadas
- Condiciones de humedad:
    - Seca: ausencia de humedad, polvorienta y seca al tacto.
    - Húmeda: húmeda pero sin agua visible.
    - Saturada: cuando el agua es visible y generalmente cuando el suelo está bajo el nivel freático.

- Reacción al ácido clorhídrico:
  - Nula: sin reacción visible.
  - Débil: reacción ligera, se forman burbujas lentamente.
  - Fuerte: se presenta una reacción violenta y se forman burbujas de inmediato.
  
- Consistencia:
  - Muy blanda: el dedo pulgar penetra en el suelo a más de 25 mm.
  - Blanda: el dedo pulgar penetra en el suelo aproximadamente 25 mm.
  - Firme: el dedo pulgar hace mella de 6 mm.
  - Dura: el dedo pulgar no hace mella en el suelo, pero si lo penetra la uña.
  - Muy dura: la uña del pulgar no penetra en el suelo.
  
- Estructura:
  - Estratificada: capas alternadas variables de material o color, con espesor de por lo menos 6 mm.
  - Laminada: capas alternadas variables de material o color, con espesor menor a 6 mm.
  - Fisurada: rompimiento según planos definidos de fractura con poca resistencia a esta.
  - Lisa: planos de fisura lisos o lustrosos, algunas veces estriados.
  - En Bloques: Suelo cohesivo que puede romperse en pequeños terrones angulosos resistentes a un rompimiento adicional.
  - Lenticular: inclusión de pequeñas bolsas de diferentes suelos, tales como pequeños granos de arena esparcidos en una masa de arcilla.
  - Homogénea: apariencia y color uniforme.

El trabajo de campo para la cartografía geológica y de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:25.000, para la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia correspondió a un insumo para la fase de diagnóstico, correspondiente a la

segunda fase de la formulación e implementación del plan de ordenación y manejo de La Cuenca Hidrográfica. En esta fase se consolida el Consejo de Cuenca y se determina el estado actual de la cuenca en sus componentes: físico-biótico, socioeconómico y cultural, político-administrativo, funcional y de gestión del riesgo; que sirven de base para el análisis situacional y la síntesis ambiental de la cuenca objeto de ordenación y manejo. Los diagnósticos permiten conocer la situación actual de la cuenca y abordar de manera integral las potencialidades, conflictos, limitantes y posibles restricciones ambientales; además de brindar la posibilidad de identificar entre ellas las relaciones causa-efecto, las cuales serán el soporte para el desarrollo de las fases de prospectiva y zonificación ambiental y de formulación. A continuación se indica un resumen de los principales criterios, procedimientos y metodologías para cada uno de los procesos involucrados en cada fase. Ver tabla 1.

**Tabla 1. Fases principales de un POMCA.**



Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Colombia. 2014. p.1-104.

Más específicamente corresponde al componente fisicobiótico y a la temática de geología, la cual corresponde a temática de geología corresponde a la descripción de las unidades geológicas, estratigráficas y tectónicas presentes en la cuenca hidrográfica en ordenación Ver Cuadro 1.

**Cuadro 1. Componentes y temáticas correspondientes a la fase de diagnóstico de la formulación e implementación del plan de ordenación y manejo de La Cuenca Hidrográfica.**

COMPONENTE	TEMÁTICA
Caracterización Básica	Cartografía Base
	División Político-Administrativa
Fisicobiótico	Geología
	Geomorfología
	Hidrogeología
	Hidrografía
	Clima
	Hidrología
	Morfometría
	Pendientes
	Calidad de agua y gestión del recurso Hídrico
	Capacidad de uso de las tierras
	Cobertura y uso de la tierra
	Caracterización vegetación y flora
	Caracterización de la fauna
	Áreas y ecosistemas estratégicos
Socioeconómico y cultural	Sistema social
	Sistema cultural
	Sistema económico
Político-administrativo	Oferta Institucional
	Organización ciudadana
Funcional	Instrumentos de planificación y de administración de recursos naturales renovables
	Relaciones urbano-rurales y regionales en la cuenca
Gestión del riesgo	Relaciones socioeconómicas en la cuenca
	Caracterización histórica de amenazas y de eventos amenazantes
	Amenazas
	Vulnerabilidad
	Escenarios de riesgos

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Colombia. 2014. p.1-104.

Para diligenciar los formatos de cartera de campo de geología se tuvo en cuenta un Formato de Tablas (Ver anexo 3.), realizado mediante los cuadros y tablas presentes el documento del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, en los cuales se explican las características tenidas en cuenta en los formatos de Cartera de campo de Geología. Ver Cuadro 2, 3, 4, 5, 6, 7, 7, 8, Tabla 2, 3, 4, 5, 6.

**Cuadro 2. Tipos de roca y su composición.**

ORIGEN	COMPOSICION QUIMICA	COMPOSICION MINERALOGICA	ORIGEN	COMPOSICION QUIMICA	COMPOSICION MINERALOGICA
ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS	Felsica, ácida, con un contenido mayor del 66%de sílice. Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O y CaO	Cuarzo (>10%) Ortoclasa (>2/3 del feldespato total) Moscovita Hornblenda	EXTRUSIVAS O PIROCLASTICAS		Sin Cuarzo Feldespatos y Feldespatoides
	Felsica, intermedia, con un contenido de sílice entre 52 - 66% Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - K <sub>2</sub> O Na <sub>2</sub> O y CaO	Cuarzo(>10%) Ortoclasa(entre1/3y 2/3 del feldespato total) Plagioclasas Micas(biotita y moscovita)		Sin Cuarzo Plagioclasas y Feldespatoides	
	Máfica, básica, calcoalcalina, con contenido de Sílice entre 45 - 52%. Contiene: SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> y CaO	cuarzo(<10%) Plagioclasas piroxeno, anfíbol y olivino.		Sin Cuarzo Plagioclasas, micas Feldespatoides y piroxenos	
	Felsica, intermedia, alcalinas a alcalino-cálíca Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,CaO y MgO	Cuarzo(<10%) Ortoclasa(2/3 del feldespato Total) Biorita, hornblenda y sin feldespatoides		Cuarzo y feldespato(1) Feldespato, anfíbol, mica y piroxeno(2)	
	Felsica, intermedia, con contenido de sílice entre 52 - 66%. Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,CaO, MgO, Na <sub>2</sub> O y K <sub>2</sub> O	Cuarzo <10% Ortoclasa (1/3 del feldespato total), plagioclasa, hornblenda, piroxeno, olivino, biotita y sin feldespatoides.		Variable y depende del magma origen	
	Máfica, básica, contenido de sílice del 57% prom. Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ,CaO, MgO, Na <sub>2</sub> O y K <sub>2</sub> O	Cuarzo (< 10%) Ortoclasa(<1/3 del feldespato total), plagioclasa, hornblenda, biotita, clorita, piroxeno.		Variable y depende del magma origen	
	Felsica, intermedia, alcalinas a alcalino-cálíca Contiene: SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> FeO - Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, MgO y Na <sub>2</sub> O	Sin cuarzo Feldespato y con feldespatoides	Formadas por bombas y bloques de composición variable		
	Ultramáfica, ultrabásica, contenido de sílice menor del 45%. Compuesta por: SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO,CaO	Sin cuarzo y con plagioclasa, piroxeno, serpentina		ROCAS	Roca de metamorfismo de contacto. Compuesta por CaCO <sub>3</sub> , MgO, Mg(OH) <sub>2</sub> y silicatos cálcicos.
		Roca de metamorfismo regional de rocas clásticas, ígneas ácidas a intermedias	cuarzo, granita, mica y sillimanita		
			Serpentina		
			Mineral esencial el talco		
			Rocas de metamorfismo de contacto de alta temperatura de basaltos, andesitas, serpentinas	Formada por minerales arcillosos, labradorita, diopsido, olivino	

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 3. Tipos de roca y su composición.**

<b>SEDIMENTARIO DETRITICO</b>	Cuarzo predominante en los fragmentos y el cemento.	BUENA	<b>SEDIMENTOS QUIMICOS Y ORGANICOS</b>	Compuesta por Halita (NaCl)	REGULAR	
	Feldespato, fragmentos de roca y poco cuarzo	BUENA A REGULAR		Compuestos por sulfato de calcio hidratado (CaSO4 2H2O)	REGULAR	
	Cuarzo, feldespato, mica, calcita, mineral arcilloso, mineral pesado	REGULAR A MALA		Compuesta por sulfato de calcio (Ca SO4)	BUENA	
	Compuesta por minerales arcillosos, cuarzo y feldespato.	MALA		Rica en cuarzo, ópalo y calcedonia	BUENA	
	Compuesta por minerales arcillosos, micas arcillosas, dolita, minerales pesados y material carbonoso	REGULAR		<b>ORIGEN</b>	<b>COMPOSICION</b>	<b>CEMENTACION</b>
	Minerales arcillosos y cuarzo			<b>SEDIMENTARIO QUÍMICO Y ORGÁNICO</b>	Rica, P2 O5 (apatito)	REGULAR A BUENA
<b>SEDIMENTARIO QUÍMICO Y ORGÁNICO</b>	Cuarzo y minerales Arcilloso	BUENA	Compuesta por enlaces de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y material orgánico.		REGULAR A BUENA	
	Fragmento conchas y otros organismos y cementado por material calcáreo.	BUENA	Ricas en sílice y feldespato		BUENA	
	Formada por remanentes orgánicos muy finos en cemento calcáreo	REGULAR				
	Compuesta por minerales carbonatados, trazas de silicatos, feldespato y minerales arcillosos	BUENA				
	Formada por carbonato de calcio y magnesio	BUENA				
	Formada por calcita o minerales arcillosos	REGULAR				
	Con foraminíferos y cemento calcáreo	REGULAR				
	Cristalización de calcita	REGULAR				
	Fósiles ricos en calcita	MALA				

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 4. Tabla guía para tamaño de clastos y cristales.**

Unid. Phi	Tamaño en mm y en escala log de clastos y cristales	Clastos sedimentarios	Fragmentos vulcanoclásticos	Rocas cristalinas ígneas, metamórficas y sedimentarias
- 8	256	Bloque	Bloques y bombas	Granular muy grueso Cristalino muy grueso
		Gujarro		
- 6	64	Gujó	Lapilli	
- 4	16			Granular grueso Cristalino grueso
- 2	1			
- 1	2	Arena muy gruesa	Granos de vidrio grueso	Granular medio Cristalino medio
0	1	Arena gruesa		
1	0.5 (1/2)	Arena media		
2	0.25 (1/4)	Arena fina		
3	0.125 (1/8)	Arena muy fina		Granular fino Cristalino fino
5	0.032 (1/32)	Limo	Granos de vidrio finos	Granular muy fino Cristalino muy fino
8	0.004 (1/256)	Arcilla		Criptocristalino

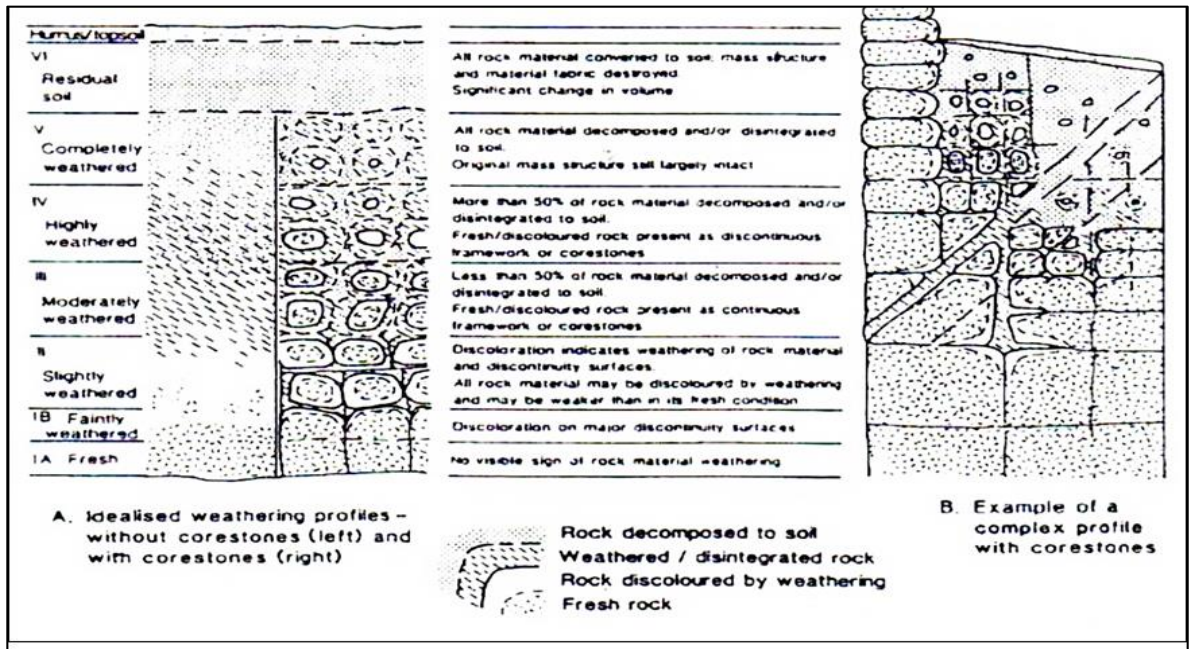
Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 5. Espesor de estratificación.**

ESPESOR DE LA ESTRATIFICACIÓN					
Capas			Laminas		
Espesor en cm	100	muy gruesos	Espesor en mm	30	Muy gruesas
	30	grueso		10	Gruetas
	10	medianas		3	Medianas
	1	delgadas		1	Finas
	< 1	muy delgadas		< 1	muy finas

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Tabla 2. Perfil de meteorización de Dearman y Fookes (1971).**



Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 6. Clasificación de Rocas Ígneas según su textura.**

Textura	Tipo genético			Características
Cristalina Masiva	Igneas plutónicas y volcánicas de cualquier litología y composición, con granito, basalto, diabasa etc.	Sedimentarias químicas como la caliza o el chert	Metamórficas masivas, como cuarcita, mármol o neis con poca mica	Las rocas de este grupo son las más resistentes y menos deformables, independientemente de su origen y estas propiedades no están afectadas por direccionalidad
Cristalina Foliada			Metamórficas foliadas, como pizarra, esquisto, filita y neis con bastante mica	Estas rocas son resistentes, algo menos que las anteriores, y sus propiedades están direccionadas por los planos de esquistosidad y foliación
Clástica Consolidada		Clásticas de granulometría fina, que abarca las lutitas		Estas rocas presentan un comportamiento variable esfuerzo-deformación, y poseen direccionalidad de sus propiedades mecánicas. Las más resistentes son las variedades Shale y argilita. De éstas, las cementadas con sílice y carbonato de calcio, son las más durables.
Clástica Cementada		Clásticas de granulometría gruesa, que abarca las areniscas y los conglomerados		

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 7. Clasificación de las unidades de roca de acuerdo a su dureza.**

<p>ROCAS MUY BLANDAS (Resistencia Baja)</p>	<p>Corresponden a las rocas sedimentarias generalmente del Terciario, de baja consolidación diagenética o pobremente litificadas, con estratificación laminar o de capas delgadas, o rocas cristalinas intensamente fracturadas, de moderada a altamente descompuestas. Comprende entre otras las arcillolitas y lodolitas; areniscas y conglomerados friables o rocas en general descompuestas.</p>
<p>MODERADAMENTE BLANDAS (Resistencia baja a Intermedia)</p>	<p>Esta categoría comprende rocas como las anteriormente mencionadas, pero un poco más litificadas y con estratificación gruesa, en el caso de las sedimentarias o moderadamente descompuestas en el caso de las cristalinas. Comprenden en general arcillolitas, limonitas, lodositas, shales y areniscas friables en estratificación muy delgada en general moderadamente fracturadas. En el caso de las rocas clasificadas como muy blandas y blandas, la falla de estas rocas en excavaciones no está estructuralmente controlada, es decir que la falla se propaga predominantemente a través del material rocoso.</p>
<p>ROCAS MODERADAMENTE DURAS o INTERMEDIAS (Resistencia Intermedia a alta)</p>	<p>Esta categoría comprende rocas sedimentarias del Cretáceo o más antiguas, bien litificadas o de alta consolidación diagenética, con estratificación delgada a gruesa, o rocas cristalinas en general, débil a moderadamente descompuestas y poco fracturadas. Comprende rocas como calcizas, areniscas y conglomerados bien cementados, limolitas silíceas; lutitas; esquistos y otras rocas foliadas y las rocas ígneas en general. Igualmente comprenden las secuencias sedimentarias donde alternan rocas duras y blandas en capas delgadas.</p>
<p>ROCAS DURAS A MUY DURAS (Resistencia alta a muy alta)</p>	<p>Comprende rocas cristalinas de consistencia muy dura y alta resistencia, o las rocas sedimentarias de la más alta consolidación o litificación; en general masivas, sanas y frescas o solo débilmente descompuestas. En el caso de las rocas clasificadas como duras y muy duras la falla de estas rocas en excavaciones están controladas predominantemente por las discontinuidades estructurales. Se trata en general de rocas con edades del precámbrico, paleozoico y del cretáceo.</p>

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 8. Terminología para describir la dureza o consistencia de las rocas.**

<b>TIPO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Muy dura	El golpe del martillo no la afecta. No se deja fracturar, ni rayar con el martillo, ni con la navaja de acero
Dura	El golpe del martillo la fractura muy levemente, se raya con dificultad con la navaja o con cualquier objeto metálico punzante.
Moderadamente Dura	Al golpe del martillo se fractura ligeramente y se deja rayar fácilmente con la navaja o con cualquier objeto metálico punzante.
Blanda	Se fractura al golpe del martillo, se deja penetrar fácilmente con la navaja.
Quebradiza	Se quiebra con facilidad o se desprende al golpe del martillo; deja bordes cortantes.
Frágil	Puede ser quebrada por presión fuerte entre de los dedos
Deleznable	Se pulveriza al golpe del martillo, se desintegra fácilmente la presión de los dedos y puede cortarse con la navaja.

Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Cuadro 9. Factor GSI para macizos rocoso.**



Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Tabla 3. Porosidad eficaz de un material.**

MATERIAL	POROSIDAD TOTAL (%)	POROSIDAD EFICAZ (%)
Rocas masivas	0,3 -8	0,2 -0,5
Rocas volcánicas	2 -30	1-20
Rocas sedimentarias consolidadas	5-20	1-10
Rocas sedimentarias sueltas	25-50	2-25

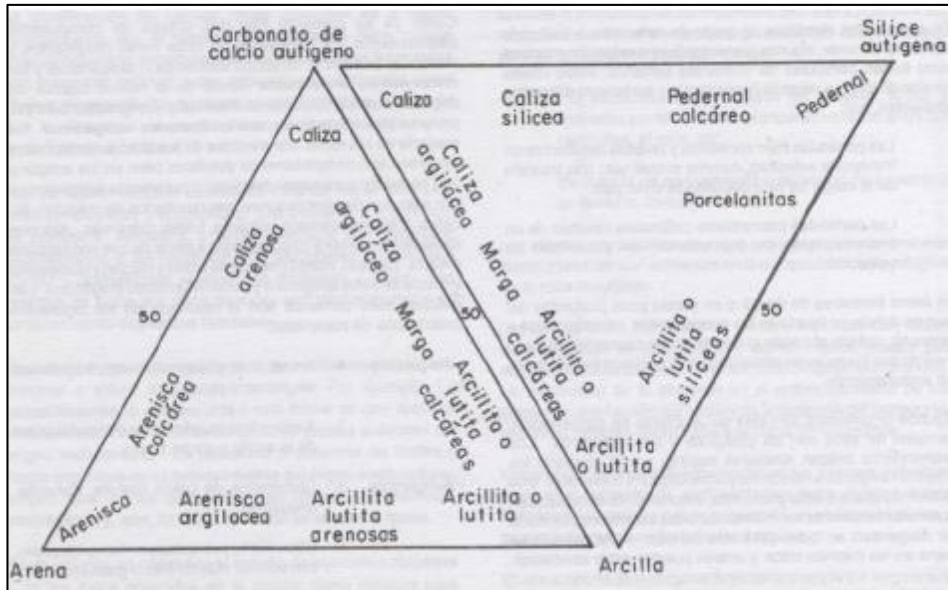
Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Tabla 4. Valores de permeabilidad en diferentes terrenos.**

Valores normales de K en terrenos naturales (m/día)	
Grava limpia	1000
Arena gruesa limpia	1000 a 10
Arena fina	5 a 1
Arena limosa	2 a 0,1
Limo	0,5 a 0,001
Arcilla	<0,001

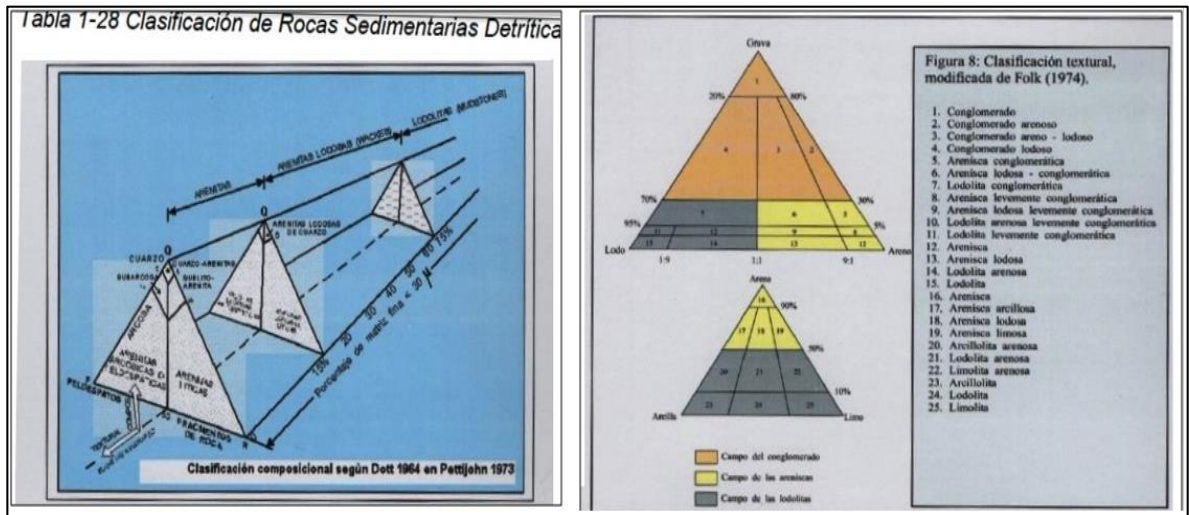
Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Tabla 5. Clasificación de rocas sedimentaria químicas y orgánicas.**



Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

**Tabla 6. Clasificación de rocas sedimentarias detríticas.**



Fuente: FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

En los formatos de geología se tiene en cuenta la localización de los puntos de geología, el tipo de roca, y características como la persistencia, abertura, tamaño de bloques y Jv referente a las discontinuidades, y también características como los rasgos de esfuerzo, la fábrica, el tamaño de grano, la dureza, la composición del macizo rocoso, la rugosidad, la meteorización, la estructura, la humedad, el GSI y el relleno de fracturas del afloramiento, entre otras características.

La realización de los apiques, a partir de los cuales se da la caracterización de UGS, es registrada en formatos de apiques, en los cuales se encuentran casillas para llenar con información referente a la localización, a la fecha y a quien es el responsable de dicho apique, se señala si el suelo es residual o transportado, se da una pequeña descripción de cada capa de suelo presente, definiendo el espesor, el color, el tamaño de grano, la consistencia, la humedad, la forma de los clastos y las observaciones que presenta, y se indican los parámetros tenidos en cuenta para realizar la descripción del material, que son el tamaño de grano, el tipo de suelo, la humedad, la consistencia, la densidad relativa, la forma de los clastos, las estructuras y el color; presentando un espacio para dicha descripción. Finalmente se presenta un espacio para el registro fotográfico del apique. Ver tabla 7.

**Tabla 7. Formato de apique.**

FORMATO DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS							
CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA							
INFORMACIÓN GENERAL							
Fecha			N			Departamento	
Geólogo			E			Municipio	
			Z			Localidad	
CLASE DE AFLORAMIENTO			TIPO DE SUELO				
Natural		<input type="checkbox"/>	Suelo residual				
Corte superficial		<input type="checkbox"/>	Suelos transportado				
Excavación		<input type="checkbox"/>					
Trinchera, Apique		<input type="checkbox"/>					
CARACTERIZACIÓN							
# Capa (espesor cm)	Color	Tamaño	Consistencia/Densidad	Humedad	Estructuras	Forma de clastos	Observaciones
PARÁMETROS							
Tamaño	Suelo transportado	Consistencia	Forma de los clastos	Color			
1- Arcilloso	1- Aluvial	1- Muy blanda	1- Angular	Llenar color apreciado			
2- Arcillo limoso	2- Coluvial	2- Blanda	2- Subangular				
Limo arcilloso	3- Glaciar	3- Media	3- Subredondeado				
3- Limoso	4- Eólico	4- Alta	4- Redondeado				
4- Limo arenoso	5- Volcánico	5- Muy Alta					
Areno limoso	6- Antrópico	6- Dura					
5- Arenoso	<b>Humedad</b>	<b>Densidad relativa</b>	<b>Estructuras</b>				
6- Arenoso gravoso	1- Seco	1- Suelta	1- Estructuras heredadas				
Gravo arenoso	2- Húmedo	2- Densa	2- Fisuras				
7- Gravo	3- Mojado	3- Muy densa	3- Grietas				
8- Gravas y cantos	4- Muy mojado						
9- Cantos y bloques							
Descripción							

Fuente: Tomado y modificado de FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La realización de descripciones de suelo de diferentes proyectos es destinada a la elaboración de estudios mecánicos de suelo para la realización de obras civiles.

Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas son el resultado de la aplicación metodológica de ciclos y fases. Seis fases conforman un ciclo y cada ciclo marca un horizonte de tiempo para el POMCA.

El Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia realizado en el año 2009-2010 se encuentra vigente y no ha terminado las fases que se plantearon inicialmente, sin embargo se ve en la necesidad de la actualización, debido a que el territorio que conforma la cuenca se vio afectado por los eventos amenazantes detonados por el fenómeno de la niña 2010-2011 y de acuerdo a la Ley 1523 de 2012 se establece que la incorporación de la gestión del riesgo de desastres se considera una temática transversal en los procesos de ordenamiento ambiental del territorio; y es responsabilidad de las entidades públicas, privadas y comunitarias interactuar en favor del manejo de desastres, conocimiento y reducción del riesgo.

A partir de lo anterior y teniendo en cuenta la escala de trabajo del POMCA vigente (Escala 1:100.000), para la incorporación de la gestión del riesgo se hace necesario la actualización y verificación de la información geológica a escala 1:25000.

#### 4. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA

La Cuenca Hidrográfica del Río Zulia encuentra localizada en la margen oriental de Colombia, con una superficie de 348.776 Ha, que comprende el territorio 15 municipios como se observa en el mapa que se presenta como la Figura 1. Esta cuenca se halla en el departamento de Norte de Santander, en la región oriental de la Cordillera oriental, en las provincias del Macizo de Santander y en la Subcuenca del Catatumbo-Zulia de Norte de Santander, según la caracterización tectónica realizada por Clavijo<sup>2</sup>. Según Caballero et al.<sup>3</sup>, de acuerdo a que el basamento del territorio Colombiano se divide en tres provincias: Oriental, Central y Occidental, dicha cuenca hidrográfica se encuentra en el extremo oriental de la provincia central. Según el mapa de terrenos de Colombia de Etayo-Serna et al.<sup>4</sup> se encuentra localizada dentro del terreno Santander que se encuentra limitado por la Falla de Bucaramanga, la Falla de Soapaga y la Falla de Arena Blanca. . Esta cuenca comprende parte del Cuadrangulo F-13 Tibú y del Cuadrangulo G-13 Cúcuta a escala 1:200.000, y de las planchas 97, 98, 99 y 110 a escala 1:100.000.

---

<sup>2</sup> CLAVIJO TORRES, Jairo. Memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander. Ingeominas. 1994, nro. 12182, p.1-47.

<sup>3</sup> CABALLERO, Victor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano: Proveniencia Sedimentaria en el Sinclinal Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. Boletín de Geología. 2010, nro. 32, nro. 1 (2010), p. 45-77.

<sup>4</sup> ETAYO-SERNA, Fernando; Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras; Geological Survey (U.S.) Mapa de Terrenos geológicos de Colombia. Bogotá, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, Publicación geológica especial del INGEOMINAS. 1983, nro. 14-15, P. 1-235.

Figura 1. Localización de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.



Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S.

## **5. METODOLOGÍA**

En este proyecto de modalidad práctica empresarial, se desarrollan dos enfoques diferentes; el primer enfoque consiste en la descripción geotécnica de muestras de suelo las cuales se describen en laboratorio, y provienen de lugares dentro de la ciudad de Bucaramanga o cercanos a ella donde se van a realizar obras civiles.

El segundo enfoque corresponde a la realización del trabajo de campo en la cuenca hidrográfica del Río Zulia focalizado a la verificación de la geología y de las unidades geológicas superficiales (UGS) como insumo para la elaboración de la cartografía geológica y la cartografía de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:25.000.

En este enfoque se llevaron a cabo 4 actividades diferentes que corresponden a la preparación para campo, el trabajo de campo, la entrega de anexos y la memoria técnica.

### **5.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELO**

Desde el día 18 de Agosto del 2016 hasta el día 30 de Agosto del mismo año, se realizó el análisis y descripción de muestras de suelo con el fin de determinar sus principales características y determinar el tipo de suelo al cual pertenece para así posteriormente junto con otros ensayos de laboratorio determinar si estos son aptos para la realización de diferentes tipos de obras civiles sobre él.

Esta labor se llevó a cabo en el laboratorio dentro del cual se encuentran las muestras de los sondeos de las diferentes perforaciones de suelo y roca de los diferentes proyectos. Para esto se deben sacar las muestras de su respectiva caja donde fueron depositadas después de la perforación de forma organizada, se deben ordenar por sondeos y por el número de muestra, luego se deben destapar, ya que cada muestra viene envuelta con dos capas de papel aluminio y con dos capas de papel plástico con el fin de que no pierdan su humedad y conservar características que se presentan in situ, y se deben acomodar sobre el mesón para tomar fotos de cada una. La foto debe tener una escala de referencia para lo cual se le coloca un metro al lado de la muestra, y debe tener un rotulo que contenga el nombre del proyecto, el número del sondeo, el número de la muestra y la profundidad a la que fue tomada por lo que se sitúa un tablero detrás con esta información

**Fotografía 1. Muestras organizadas en una caja de madera tal como llegan al laboratorio para ser descritas.**



**Fotografía 2. Muestra de suelo envuelta en papel film y en papel vinipel de tal forma que no pierda su humedad para poder observar sus características de la forma como se encontraba in situ.**



**Fotografía 3. Registro fotográfico de la muestra número uno, del primer sondeo del proyecto de la Plaza de Ferias de San Vicente (preyecto de la alcaldía de San Vicente de Chucurí).**



Cada muestra de cada sondeo viene rotulada con su número y su profundidad respectiva, además cada sondeo cuenta con un formato de perforación en el que vienen enumeradas todas las muestras, con la respectiva profundidad a la que se sacaron, el número de golpes de la perforación y una pequeña descripción de la muestra hecha por los operadores de máquinas.

Después de haber tomado foto a todas las muestras pertenecientes a un sondeo de algún proyecto específico se debe realiza un análisis con su respectiva descripción donde se describen las muestras agrupándola en segmentos teniendo en cuenta la numeración, la profundidad y la composición, en una redacción corta de uno o dos párrafos. El suelo inicialmente se describe como un material, se le asigna un color según la tabla de color de Munsell para suelos, se le determina el tamaño de grano, la angulosidad de las partículas y una longitud o espesor, se determina su estructura, si presenta restos vegetales, materia orgánica y si presenta reacción al ácido clorhídrico (HCl). Después se describe si el material luce homogéneo o heterogéneo, se determina las condiciones de humedad, su selección, consistencia y plasticidad. Finalmente se determina el tipo de suelo el cual puede ser residual o transportado, donde los suelos transportados pueden ser aluviales, coluviales y antrópicos. Los criterios anteriores se describen teniendo en cuenta la Norma INV E-102.

## **5.2 PREPARACIÓN PARA CAMPO**

Desde el día 31 de agosto del año 2016 al día 14 de septiembre del mismo año, se realizó la organización de los formatos que se llenarían en campo, que corresponden a la Cartera de Campo de Geología Vacía (Ver anexo A) y los formatos apiques Vacíos (Ver Anexo B); y a los mapas útiles para llevar a cabo esta labor, que posteriormente fueron impresos, con el fin de tener conocimiento

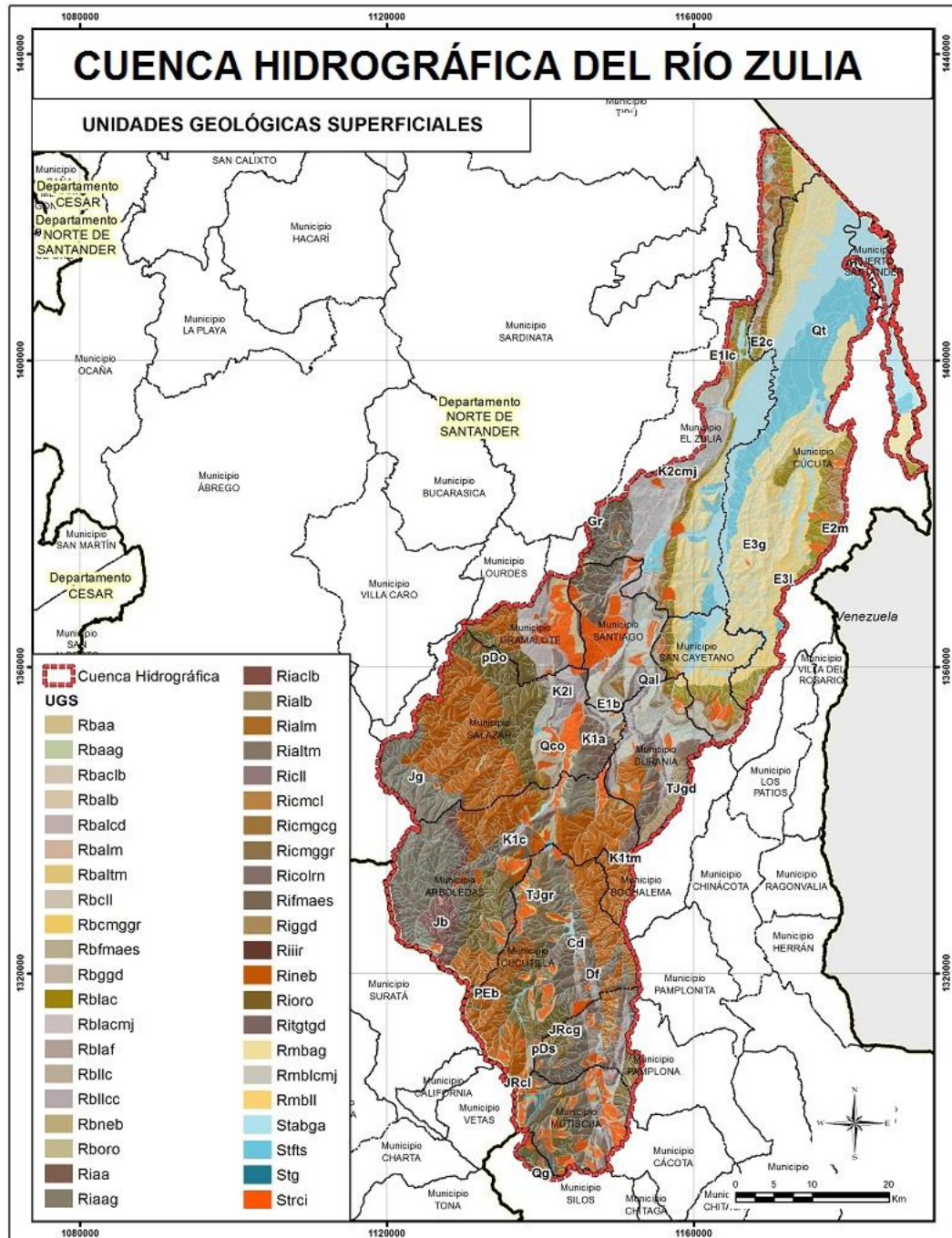
de la cuenca y de lo que se realizará allí, como también para despejar la mayor cantidad de dudas referentes al campo y a lo que se realizará allí.

También se realizó un Formato de tablas (Ver Anexo C), que fue tomado del documento del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, que se tuvo como referencia para el análisis en campo y fue descrito previamente en el marco teórico.

Finalmente, se alistaron mapas de la cuenca como lo es el mapa de carreteras con la delimitación de los municipios, el mapa de geología, el mapa de UGS y el mapa de la localización de los puntos propuestos para realizar las estaciones de geología y de apiques (Ver Figura 2, Figura 3, Figura 4, Figura 5), como también un listado de los puntos predeterminados de geología y de apiques con sus respectivas coordenadas.

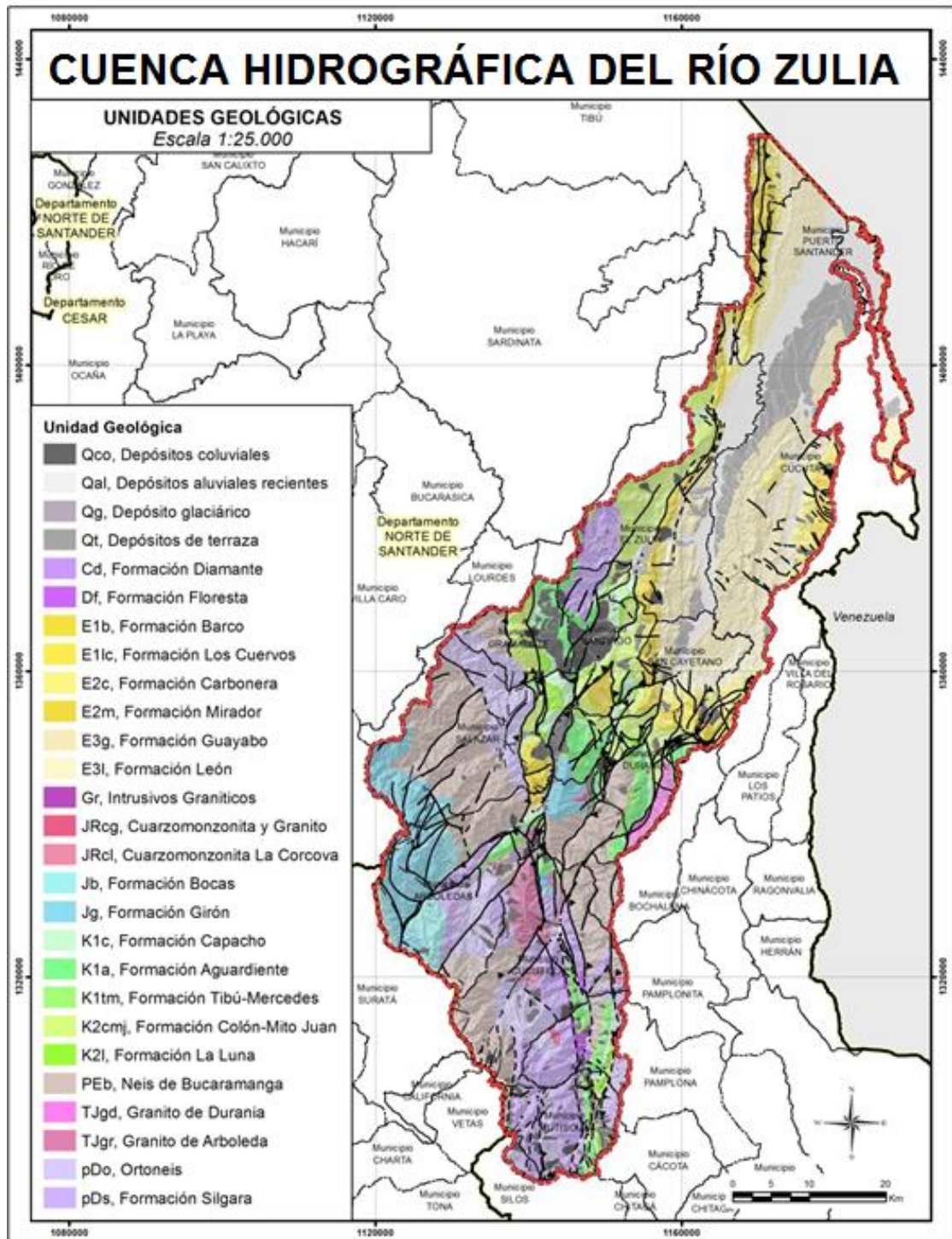


Figura 3. Salida cartográfica preliminar de las unidades geológicas superficiales de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.



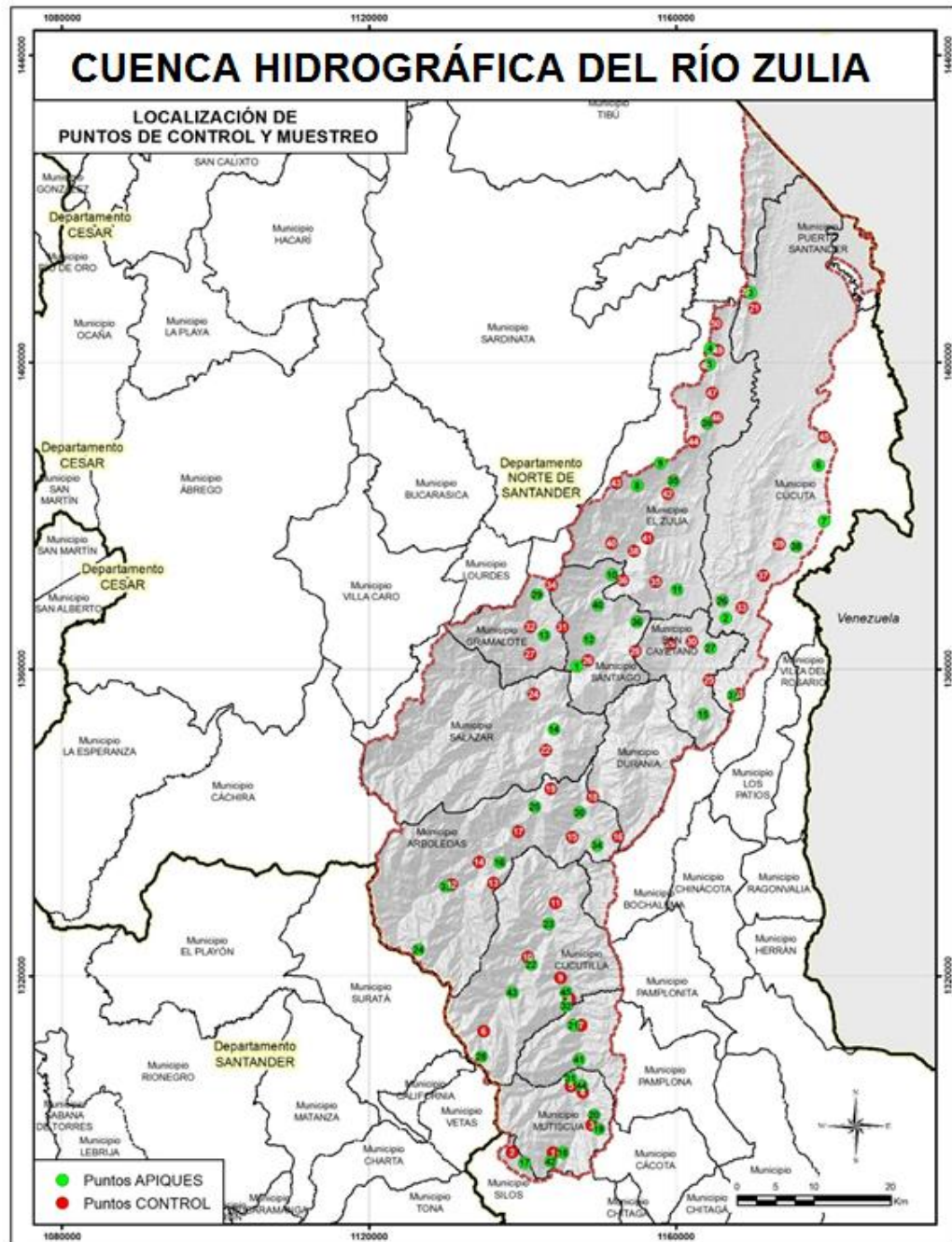
Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S.

Figura 4. Salida cartográfica preliminar de las unidades geológicas de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.



Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S.

Figura 5. Mapa de la cuenca hidrográfica del río Zulia con los puntos de las estaciones propuestas de geología y de apiques.



Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S.

Dichos mapas fueron realizados por geólogos expertos en sistemas de información geográfica de la empresa que los realizaron mediante la recopilación de mapas cartográficos y geológicos, donde a partir de las planchas 77-Campo Dos, plancha 78-Puerto Santander, plancha 87-88 (Geología del cuadrángulo G-13 de Cúcuta), plancha 97-Cáchira, plancha 98-Durania, plancha 99-Villa del Rosario del Servicio Geológico Colombiano, y también a partir de fotointerpretación se realizó el mapa de geología.



### 5.3 TRABAJO DE CAMPO

Desde el día 15 de septiembre del año 2016 al día 14 de octubre del mismo año se realizó el trabajo de campo para la comprobación de la cartografía geológica y de unidades geológicas superficiales (UGS) a escala 1:25.000 para la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, junto con los Geólogos Mayra Alejandra Allado y Alfredo Pinzón Briceño, el cual tuvo un periodo de receso por problemas de seguridad desde el 27 de septiembre al 6 de octubre; y donde los días 15 de septiembre y 14 de octubre corresponden solamente a días de viaje.

Para la realización del trabajo de campo se viajó a la ciudad de Cúcuta y posteriormente al municipio de Cucutilla y desde allí se recorrieron los municipios de la cuenca que corresponden a Cúcuta, Puerto Santander, Tibú, El Zulia, Gramalote, Santiago, San Cayetano, Salazar, Durania, Arboledas, Bochalema, Cucutilla, Pamplona y Mutiscua, donde se realizaron un total de 43 apiques para la caracterización de UGS y 48 estaciones de geología.

Dichas estaciones se efectuaron en puntos estratégicamente predeterminados, cercanos a las vías principales y que se encuentran sobre la mayor cantidad de litologías presentes allí, teniendo como apoyo los mapas preliminares de la cuenca.

Cada apique se realizó con la ayuda de dos auxiliares, con medidas de aproximadamente un metro de ancho, un metro de espesor y un metro y veinte centímetros de profundidad, y se tomó registro fotográfico (Ver Fotografía 4 y Fotografía) 5. En cada apique se tomaron las coordenadas, se llenó un formato, el cual se describe el lugar donde se realizó el apique, se señala si el suelo es residual o transportado, se da una pequeña descripción de cada capa de suelo presente, definiendo el espesor, el color, el tamaño de grano, la consistencia, la humedad, la forma de los clastos, las observaciones que presenta, y se indican los

parámetros tenidos en cuenta para realizar la descripción del material, que son el tamaño de grano, el tipo de suelo, la humedad, la consistencia, la densidad relativa, la forma de los clastos, las estructuras y el color. (Ver Anexo D). El Anexo D, correspondiente a los formatos de los apiques realizados en campo, se presenta en forma digital debido a que no fue necesario escanear el registro físico y este no se conservó. Cada apique se realizó con el fin de corroborar el mapa de unidades geológicas superficiales, sin embargo en campo solo se realizó la descripción del suelo, siendo la UGS determinada por la geóloga Mayra Alejandra Allado comparando las características el suelo encontrado con las características de las UGS cartografiadas en el mapa después de realizar el trabajo de campo.

**Fotografía 4. Registro fotográfico del apique 17.**

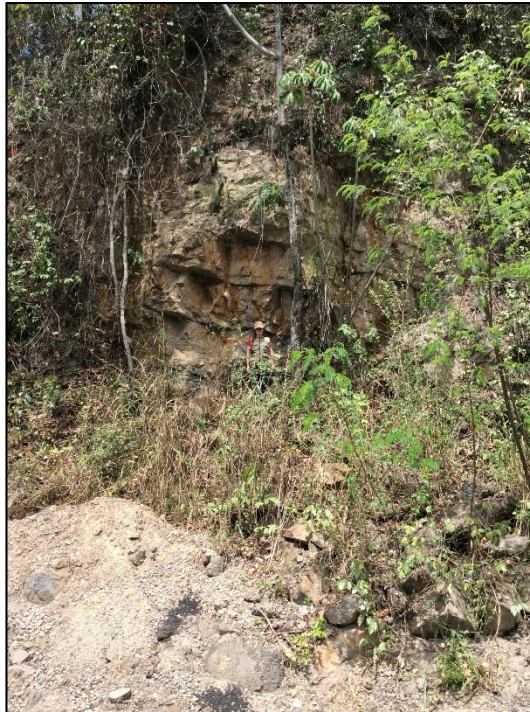


**Fotografía 5. Apique 17 correspondiente a un suelo residual de roca tipo pegmatita.**



Para cada estación de geología se buscaron afloramientos cercanos a los puntos propuestos en la salida cartográfica preliminar a escala 1:25.000 del área (ver Figura 5) y teniendo en cuenta también la unidad correspondiente en el mapa de geología de la cuenca (Ver Figura 4), cuando se llega a cada sitio se deben tomar las coordenadas, se hace una pequeña descripción del afloramiento, se toman las dimensiones de él, se toman los datos estructurales, se determina la litología y se toman fotografías (Ver Fotografía 6 y Fotografía 7). Posteriormente se debe diligenciar un formato en físico llamado Cartera de Campo de geología dentro del cual se tienen en cuenta características como la persistencia, abertura, tamaño de bloques y Jv referente a las discontinuidades, los rasgos de esfuerzo, fábrica, tamaño de grano, dureza y composición del macizo rocoso, rugosidad, meteorización, estructura, humedad, GSI y relleno de fracturas del afloramiento que se presenta como el Anexo E. Estas estaciones se realizaron con el fin de comprobar la unidad geológica del lugar para que posteriormente se hicieran las correcciones pertinentes al mapa de geología.

**Fotografía 6. Afloramiento de roca sedimentaria de tipo subarcosa de la Formación Colón-Mito Juan perteneciente a la estación CZ-16.**



**Fotografía 7. Afloramiento de roca metamórfica de tipo cuarcita de la Formación Silgará perteneciente a la estación CZ-47.**



A continuación se presenta un mapa de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia donde se ilustran los puntos donde se realizaron las estaciones finales de geología (Ver Figura 7), sin embargo no se realizó un mapa de los puntos de las estaciones



## 5.4 ENTREGA DE ANEXOS

Desde el día 17 de octubre del año 2016 al día 21 de noviembre del mismo año, se realizó la organización de la información recolectada durante el trabajo de campo, en cuatro anexos correspondientes a la cartera de campo física escaneada, a la cartera de campo digital, al registro fotográfico de geología y a los formatos de apiques de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.

La cartera de campo física escaneada corresponde a los formatos de las estaciones de geología llenados en campo y escaneados, ya especificados en el informe anterior (Ver Anexo E).

La cartera de campo digital corresponde a la digitalización de los formatos de geología llenados en campo. Para esto se hizo una comprobación de la información que se tenía previamente con la información obtenida en campo, mediante la localización de los puntos de geología sobre el mapa con la ayuda del programa Arc Gis y así comprobar la información referente al municipio, vereda y el número de la plancha en la que se encuentra. Después se comprobó la litología también con Arc Gis y posteriormente a esto al ver que algunas litologías no encajaban, se habló con el profesional especialista en sistemas de información geográfica encargado del mapa de geología para hacerle las respectivas correcciones al mapa, obteniéndose así el mapa final de unidades geológicas. Cada geólogo o auxiliar de geología nombró las estaciones de geología en orden de las estaciones propuestas pero finalmente al hacer la recopilación y la digitalización se volvieron a organizar, obteniendo un total de 48 estaciones (Ver Anexo F).

Los formatos de apiques en digital corresponden a la digitalización de los formatos de apiques en físico presentados como el Anexo 4 ya mencionado anteriormente.

El registro fotográfico de geología (Ver Anexo G), corresponde a una recopilación de las fotografías orientadas tomadas en cada estación con su respectiva ubicación y sus datos estructurales junto a una pequeña descripción que comprende las características de su litología y la formación a la que pertenece, y se organizan por número de estación, donde el número está precedido por la sigla "CZ" que significa Cuenca Zulia, como se muestra en el siguiente ejemplo:

### **Estación CZ-47**

- Ubicación: Margen izquierdo de la vía Pamplona-Berlín, Municipio Mutiscua, Vereda El Aventino.
- Coordenadas:
  - E: 1146825 m
  - V: 1297120 m
  - Z: 2912 msnm

En este punto aflora roca metamórfica pelítica, cristalina, foliada de grano fino, de tipo cuarcita de la Formación Silgará (pDs), la cual se encuentra fragmentada, moderadamente meteorizada, y con fracturas rellenas de material fino. Ver Tabla 8. Fotografía 8, Fotografía 9, y Fotografía 10.

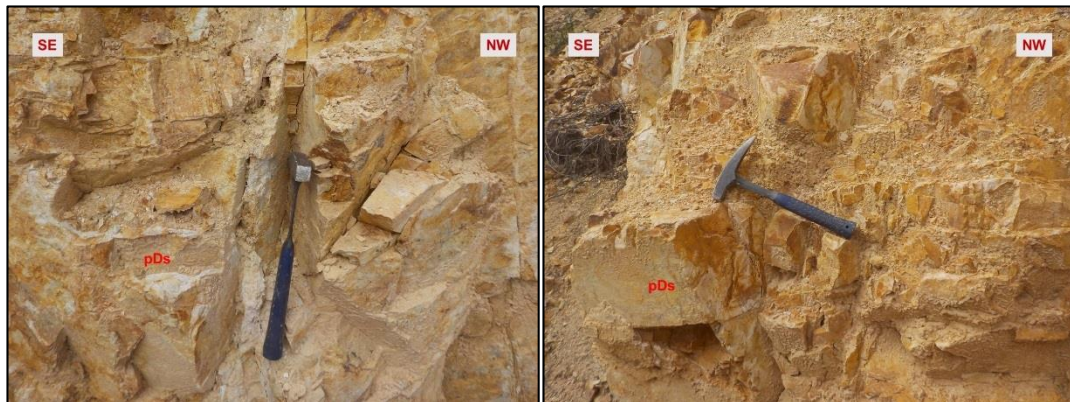
**Tabla 8. Datos estructurales de la estación CZ-47.**

<b>DATOS ESTRUCTURALES</b>	
Foliación	S35E/13NE
Familia de Diaclasas	N93E/84SE

**Fotografía 8. Afloramiento de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará, de aproximadamente 25 metros de espesor. Orientación S43E/N43W.**



**Fotografía 9. Afloramiento de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará, de aproximadamente 25 metros de espesor. Orientación S43E/N43W.**



**Fotografía 10. Muestra de roca metamórfica tipo cuarcita perteneciente a la formación Silgará.**



Los formatos de apiques corresponden a la digitalización de los formatos llenados en campo en cada apique, los cuales contienen la información sobre la localización del apique, la fecha de realización, quién lo realizó, a qué clase de afloramiento corresponde y si es un suelo transportado o un suelo residual. Se da una pequeña descripción de cada capa de suelo presente definiendo el espesor, el color, el tamaño de grano, la consistencia, la humedad, la forma de los clastos y las observaciones que presenta. Posteriormente presenta una breve descripción del material junto con los parámetros tenidos en cuenta en ella como lo es el tamaño de las partículas, el tipo de suelo, la humedad, la consistencia, la densidad relativa, la forma de los clastos, el tipo de estructuras y el color (Ver Anexo D), obteniéndose un total de 43 apiques. En este periodo también se determinaron las correcciones a realizar en las salidas cartográficas correspondientes al mapa de Unidades Geológicas y al mapa de Unidades Geológicas Superficiales.

## 5.5 MEMORIA TÉCNICA

Desde el día 31 de Octubre de 2016 al día 10 de Enero de 2017, se realizó la recopilación de información para la realización de la memoria técnica de geología de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, que cuenta con una evolución geológica, un marco geológico regional, una litoestratigrafía y una geología estructural; con el fin de aportar esta información investigada como un insumo para el informe de geología del POMCA.

La evolución geológica se realizó a nivel regional y local mediante la investigación en artículos científicos y en memorias geológicas de la región donde se encuentra la cuenca, teniendo en cuenta los sucesos ocurridos allí y la edad en que ocurrieron.

Posteriormente, en el marco geológico regional, se presentó la localización geográfica y tectónica de la cuenca, dentro de Sur América y dentro del territorio colombiano, exponiéndose los aspectos fisiográficos del territorio colombiano y finalmente se presentó un mapa que expone la localización de la cuenca dentro del departamento de Norte de Santander en Colombia, que fue realizado por geólogos especialistas en sistemas de información geográfica de la empresa.

En la litoestratigrafía se definió la estratigrafía presentándose una descripción de cada unidad aflorante en la zona que incluye principalmente la litología que presenta, su formación tipo, la localización de sus fajas principales y su edad; a las unidades que fueron identificadas en campo se les agrega una descripción de la litología encontrada en la cuenca y de la forma en que aflora allí (se realizó observando el mapa de geología) junto a un registro fotográfico que contiene las coordenadas de localización de la foto.

Posteriormente se realizó una descripción de las principales estructuras del área que incluyen fallas y plegamientos, con su localización y con las unidades geológicas a las que afectan; esto se realizó mediante la información obtenida del shape file de estructuras, fallas y lineamientos del mapa de la cuenca usando el programa Arc Gis.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA EN LABORATORIO DE MUESTRAS DE SUELOS

Se analizaron los sondeos número 1 del de proyecto de la Alcaldía de San Vicente de Chucurí, los sondeos número 2, 3, 4 y 5 del proyecto PRODAC LTDA., los sondeos número 1, 2 y 3 del proyecto San Rafael, los sondeos número 1, 2, 3, 4 y 5 del proyecto Mirador de San Juan, los sondeos número 1 y 2 del proyecto Girón-Aeropuerto y el sondeo número 1, 2 y 3 del proyecto Kennedy.

A continuación se presenta la descripción del sondeo número 1 del proyecto de la Alcaldía de San Vicente de Chucurí (Plaza de Ferias)

- Segmento 1 (0.00 a 0.90 m)

Material limo arcilloso de color marrón oscuro, compuesto principalmente por partículas finas con limo y en menor porcentaje arcilla, presenta raíces vegetales y restos de escombros. El segmento luce homogéneo, humedad baja, plasticidad baja y bien seleccionada. Suelo transportado antrópico.

- Segmento 2 (0.90 a 3.15)

Material arcill-limoso de color marrón anaranjado moderado, compuesto principalmente por arcilla y presenta fragmentos y gravas de roca sedimentaria lodolita en predominio que areniscas. El segmento luce parcialmente heterogéneo, humedad baja a media, plasticidad alta y moderadamente seleccionado. Suelo posiblemente residual.

- Segmento 3 (3.15 a 4.65)  
Material arcilloso de color marrón anaranjado moderado, compuesto principalmente por arcilla y presenta fragmentos y gravas de roca sedimentaria lodolita en predominio que areniscas. El segmento luce parcialmente heterogéneo, humedad baja a media, plasticidad alta y moderadamente seleccionado. Suelo posiblemente residual.
- Segmento 4 (4.65 a 7.50)  
Material arcilloso-limoso de color marrón anaranjado moderado, compuesto principalmente por arcilla y presenta fragmentos y gravas de roca sedimentaria lodolita en predominio que areniscas. El segmento luce parcialmente heterogéneo, humedad baja a media, plasticidad alta y moderadamente seleccionado. Suelo posiblemente residual.

## **6.2 CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO ZULIA**

Este POMCA del Río Zulia se realiza debido a que en los años 2011 y 2012 se presentaron una gran cantidad de eventos amenazantes producidos por el fenómeno de la niña en la cuenca y debido a la ley 1523 de 2010 que dice que se le debe agregar un capítulo de gestión de riesgo a los planes de ordenación ambiental del territorio.

La realización del trabajo de campo en la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, así como la organización de la información obtenida allí y la realización de la memoria técnica se realizó con el fin de realizar una cartografía a escala 1:25.000 tanto de unidades geológicas, como de unidades geológicas superficiales.

Con estas dos salidas cartográficas se pretende conocer el estado actual de la cuenca correspondiente a la temática de geología, del componente físico-biótico,

de la fase de diagnóstico del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia; para con esta información tomar medidas preventivas respecto a las posibles amenazas que se puedan presentar en la cuenca.

En cuanto al trabajo de campo de unidades geológicas, se realizaron 48 estaciones, comprobándose 13 unidades litoestratigráficas de la cuenca que corresponden al Neis de Bucaramanga, a la Formación Silgará, a la Formación Ortoneis, al Granito de Arboledas, a la Formación Capacho, a la Formación la Luna, a la Formación Colón-Mito Juan, a la Formación Barco, a la Formación Los Cuervos, a la Formación Mirador, a la Formación Carbonera, a la Formación León y a la Formación Guayabo. Ver cuadro 10 y Anexo H.

**Cuadro 10. Compilación de las estaciones realizadas en campo con su respectiva litología.**

LITOLOGÍA	REPRESENTACIÓN	REGISTRO FOTOGRAFICO	CARACTERÍSTICAS	ESTACIONES	CONVENCIONES
E3g			Lodolitas y conglomerados	3, 5, 12, 13, 14, 20, 21	<p>pEb Neis de Bucaramanga</p> <p>pDs Formación Silgará</p> <p>pDo Formación Ortoneis</p> <p>Tjgr Granito de Arboledas</p> <p>K1c Formación Capacho</p> <p>K1c Formación La Luna</p> <p>K2cmj Formación Colón-Mito Juan</p> <p>E1b Formación Barco</p> <p>E1lc Formación Los Cuervos</p> <p>E2m Formación Mirador</p> <p>E2c Formación Carbonera</p> <p>E3l Formación León</p> <p>E3g Formación Guayabo</p>
E3l			Lodolitas y areniscas	4	
E2c			Lodolitas y areniscas	1, 2, 15, 26	
E2m			Areniscas	6, 19	
E1lc			Lodolitas y areniscas	8, 11, 17, 22, 28, 46	
E1b			Areniscas cuarzosas	23, 24	
K2cmj			Lodolitas y areniscas	10, 16, 25, 35	
K2l			Lodolitas y areniscas	18, 27, 31	
K1c			Lodolitas y areniscas	29, 30	
Tjgr			Granito y cuarzomonzonita	42, 38	
pDo			Neises cuerzofeldespáticos y biotíticos	34, 37, 39, 43, 48	
pDs			Esquistos moscovíticos, biotíticos, cloríticos y grafitosos. Metaarenitas y cuarcitas	7, 9, 36, 40, 41, 44, 47	
pEb			Neises anfibólicos, neises cuerzofeldespáticos y anfibolitas	32, 33, 45, 32	



Gracias a esta información se observan dos tendencias en la cuenca, hacia el norte se encuentra rocas principalmente rocas sedimentarias de tipo areniscas y lodolitas, que presentan un comportamiento poco competente, mientras que en la zona sur se encuentran rocas ígneas y metamórficas las cuales presentan un comportamiento más competente, son más duras y presentan una mayor resistencia a la meteorización y erosión. Esto evidencia que la región norte de la cuenca presenta mayor amenaza se posibles eventos de remoción en masa.

En cuanto al trabajo de campo referente a las unidades geológicas superficiales (UGS) en la cuenca hidrográfica, se realizaron en total 38 apiques que incluyen suelos transportados coluviales, suelos transportados glaciares y suelos residuales de rocas sedimentarias de tipo arenisca, lodolita y arcillolita, suelos residuales de roca ígnea tipo pegmatita.

A continuación se presenta una recopilación estación de UGS realizada con la respectiva información obtenida allí (Ver Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14).

**Tabla 9. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ1	N 1360593 E 1147908 518 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo de deslizamiento	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ2	N 1366638 E 1166487 300 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo de deslizamiento	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ3	N 1376948 E 1155938 290 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Restos Vegetales
CZ-APQ4	N 1394703 E 1164679 160 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ5	N 1177200 E 1375175 626 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria de tipo lodolita	Suelo con alto grado de compactación y moderada estabilidad	
CZ-APQ6	N 1372358 E 1151678 508 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria de tipo arcillolita	Suelo con alto grado de compactación y moderada estabilidad	
CZ-APQ7	N 1155916 E 1368969 667 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	

**Tabla 10. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ8	N 1371474 E 1169916 333 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria tipo arenisca	Suelo con alto grado de compactación y moderada estabilidad	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ9	N 1366247 E 1156385 160 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo de deslizamiento	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ10	N 1349448 E 1144426 1217 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Restos Vegetales
CZ-APQ11	N 1354086 E 1162881 260 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria de tipo lodolita	Suelo con alto grado de compactación y moderada estabilidad	
CZ-APQ12	N 1337297 E 1140523 961 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ13	N 1292149 E 1138098 3413 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca ignea de tipo arenisca	Suelo con alto grado de compactación y estabilidad	
CZ-APQ14	N 1297093 E 1146910 2914 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo con moderado grado de compactación y moderada estabilidad	

**Tabla 11. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ15	N 1298783 E 1150693 3281 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo moderadamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo de deslizamiento	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ16	N 1300781 E 1149058 2951 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo de deslizamiento	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ17	N 1312304 E 1151942 2669 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Restos Vegetales
CZ-APQ18	N 1321963 E 1140458 1556 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ19	N 1144053 E 1326667 1272 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ20	N 1330761 E 1127687 1727 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo moderadamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo de deslizamiento	
CZ-APQ21	N 1341957 E 1141819 1430 m.s.n.m.	↓ 2 m ↑		Suelo transportado coluvial	Suelo inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	

**Tabla 12. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ22	N 1368804 E 1166101 247 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria tipo arenisca	Suelo con alto grado de compactación y moderada estabilidad	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ23	N 1362917 E 1164310 258 m.s.n.m.	2 m		Suelo residual de roca sedimentaria tipo arenisca	Suelo residual de roca sedimentaria tipo arenisca	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ24	N 1317862 E 1137897 1959 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Restos Vegetales
CZ-APQ25	N 1366247 E 1156385 160 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ26	N 1340937 E 1147313 878 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ27	N 1313086 E 1147487 2130 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ28	N 1319804 E 1149314 1996 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	

**Tabla 13. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ29	N 1331832 E 1130653 1501 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ30	N 1394703 E 1164679 160 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo inestable con moderado grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ31	N 1366224 E 1156385 169 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Material Gravo-Limoso
CZ-APQ32	N 1357798 E 1165085 422 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	Restos Vegetales
CZ-APQ33	N 1375089 E 1177084 878 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ34	N 1309755 E 1152851 2858 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta alto riesgo deslizamiento	
CZ-APQ35	N 1292149 E 1138098 3413 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado glaciar	Suelo inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	

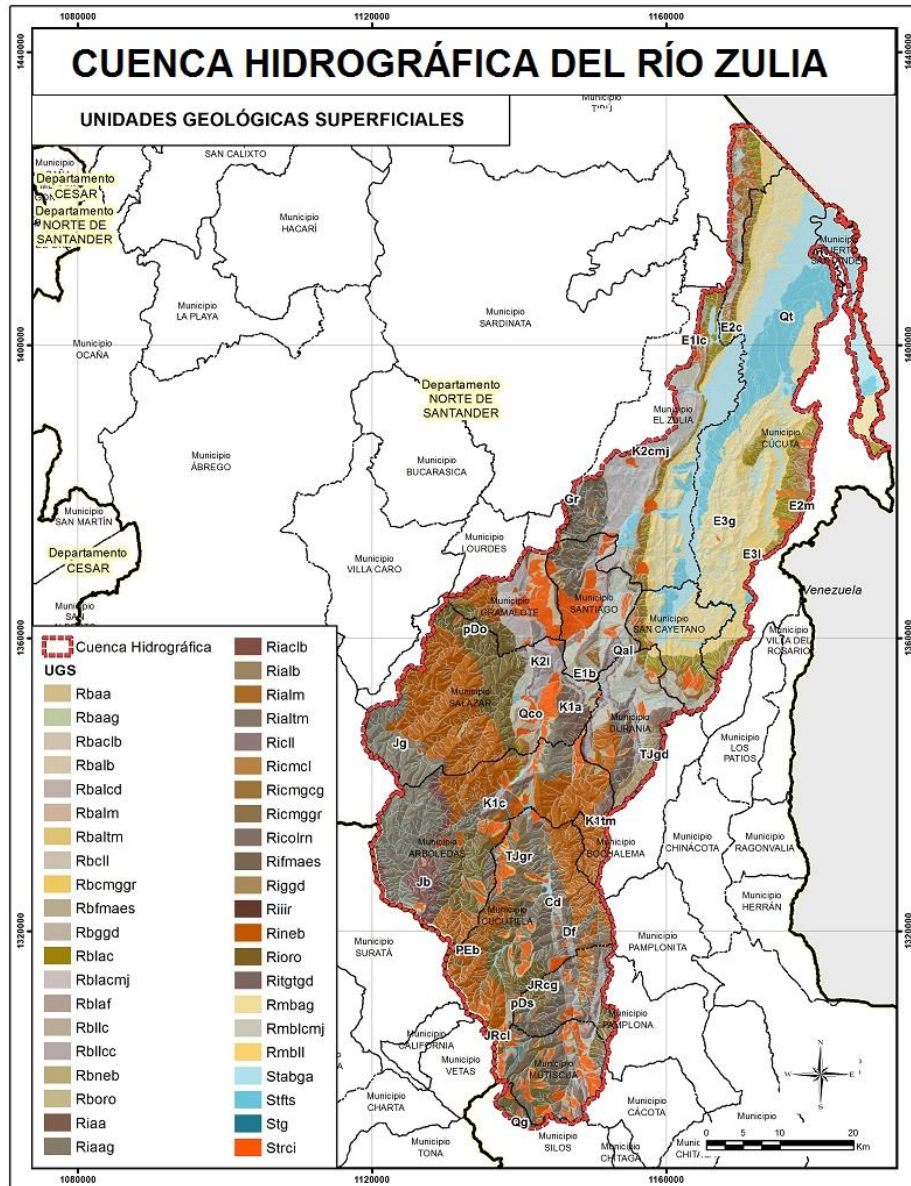
**Tabla 14. Descripción y compilación de las estaciones de UGS.**

APIQUE	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD	REPRESENTACIÓN	CLASIFICACIÓN	OBSERVACIONES	CONVENCIONES
CZ-APQ36	N 1319665 E 1139144 1875 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Limoso Material Limoso Material Arcilloso
CZ-APQ37	N 1311643 E 1147438 2034 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo inestable con moderado grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Areno-Gravoso Material Areno-Limoso Material Arenoso
CZ-APQ38	N 1320024 E 1147797 1830 m.s.n.m.	2 m		Suelo transportado coluvial	Suelo altamente inestable con bajo grado de compactación. Presenta riesgo deslizamiento	Material Arcillo-Gravoso Material Gravo-Limoso
						Restos Vegetales

La información anterior corresponde al insumo a partir del cual se realizaron las correcciones al mapa de unidades geológicas superficiales elaborado por los geólogos especialistas en sistemas de información geográfica de la empresa,

entregándose así la salida cartográfica final de unidades geológicas superficiales UGS de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia (Ver Figura 11).

**Figura 9. Salida cartográfica final de unidades geológicas superficiales (UGS) de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia.**



Fuente: ConstruSuelos de Colombia S.A.S.

Teniendo en cuenta la información obtenida en cada estación de caracterización de suelo, se observa que casi el 80% de las unidades geológicas superficiales corresponden a suelos transportados coluviales, con muy bajo grado de compactación y alto grado de inestabilidad, a partir de lo cual se puede deducir que las regiones donde abundan estas unidades, presentan una alta amenaza a posibles eventos de remoción en masa y avenidas torrenciales.

Aproximadamente un 18% corresponden a suelos residuales que presentan un mayor grado de estabilidad y de compactación, y representan una amenaza baja a posibles eventos de remoción en masa.

Los suelos transportados glaciares corresponden al 2% de los suelos observados en campo, se encuentran en menor proporción dentro de la cuenca, y son suelos antiguos y estables producto de las últimas glaciaciones que afectaron el territorio; a pesar de ser suelos estables pueden volverse inestables de acuerdo a las condiciones del medio, por lo tanto se deben tener en cuenta a la hora de realizar monitoreo y realizar la zonificación del riesgo en la cuenca.

## **6.1 MEMORIA TÉCNICA**

**6.1.1 Evolución geológica** Para entender la evolución geológica regional de la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, es necesario primero entender el origen y evolución de la Cordillera Oriental en la cual se encuentra localizada.

Así, Caballero et al.<sup>5</sup> asocia a la formación de los Andes Orientales de Colombia a fragmentación de una ancestral cuenca de antepaís asociada a la Cordillera Central y al levantamiento por inversión tectónica de la Cordillera Oriental. La Formación de dicha cuenca antepaís fue debida a que en márgenes convergentes

---

<sup>5</sup> CABALLERO, Victor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto. Op. Cit.

como ocurren en el margen occidental del Continente Sudamericano, la carga tectónica que se genera por el cambio de espesor y levantamiento de un cinturón montañoso induce la flexura de la corteza y genera una depresión adyacente denominada, donde se depositan los productos de la erosión de las rocas que se levantan.

La Cordillera Oriental (COOr.), de Colombia es un cinturón orogénico bivergente cuya fase principal de levantamiento ocurrió después del Mioceno medio (Van der Hammen, 1958; Cooper et al., 1995 en Caballero et al.<sup>6</sup>, mediante la reactivación e inversión tectónica de fallas normales de antiguas cuencas extensionales del Jurásico superior y Cretácico inferior <sup>7</sup>

Según Ujeta (1994), esta cordillera presenta una notoria curvatura que establece la prolongación de los andes de Mérida en Venezuela, donde Garing y Kellog (1981) en Ujeta (1994) explican este fenómeno basándose en el estudio gravimétrico realizado en Venezuela nor-occidental concluyendo que los Andes de Mérida tienen relación a un fallamiento inverso de bajo ángulo y que han presentado un desplazamiento lateral izquierdo, desplazándose 25 Km sobre la Cuenca de Maracaibo, donde hay una rotación de los Andes de Mérida con respecto a la Cordillera Oriental.

El territorio colombiano teniendo en cuenta el basamento se divide en tres provincias, Provincia Oriental, Central y Occidental. La Provincia Central está delimitada por la Sutura del Borde Llanero al E y por la Sutura de Romeral al W, e incluye el basamento de las cordilleras Oriental y Central, parte SE del basamento de la Sierra Nevada de Santa Marta, basamento de la Serranía de Perijá y los

---

<sup>6</sup> Ibíd.

<sup>7</sup> Ibíd.

Andes de Mérida en la región centro-oriental de la cordillera oriental dentro de la provincia central<sup>8</sup>

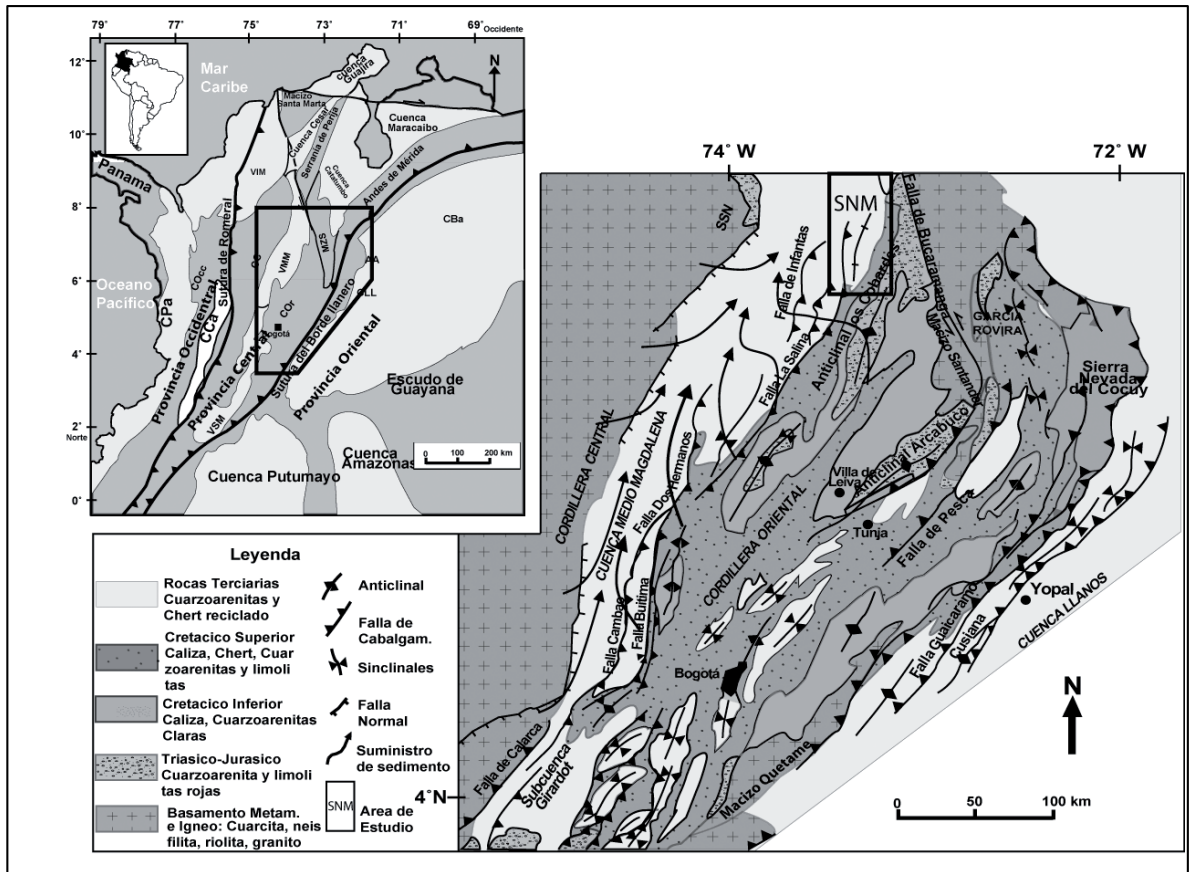
La Provincia Central es un terreno generado durante el Proterozoico 1.1 Ga (Restrepo-Pace et al., 1997 en Caballero et al., 2010) y acrecionado a un bloque de terreno autóctono. Se ha inferido que esta provincia representa el Cinturón Orogénico Caledoniano en Suramérica, resultado de la colisión entre Norteamérica y Gondwana en el Silúrico tardío a Devónico temprano (Forero, 1990 en Caballero et al., 2010). Este terreno se acrecionó al bloque autóctono y fue afectado por un cinturón magmático en su borde occidental durante el Jurásico. Posteriormente eventos de rifting dieron lugar a depositación de sedimento en el Mesozoico y Cenozoico<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> CABALLERO, Victor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto. Op. Cit.

<sup>9</sup> Ibíd.

**Figura 10. Mapa de provincias de Colombia teniendo en cuenta el basamento.**

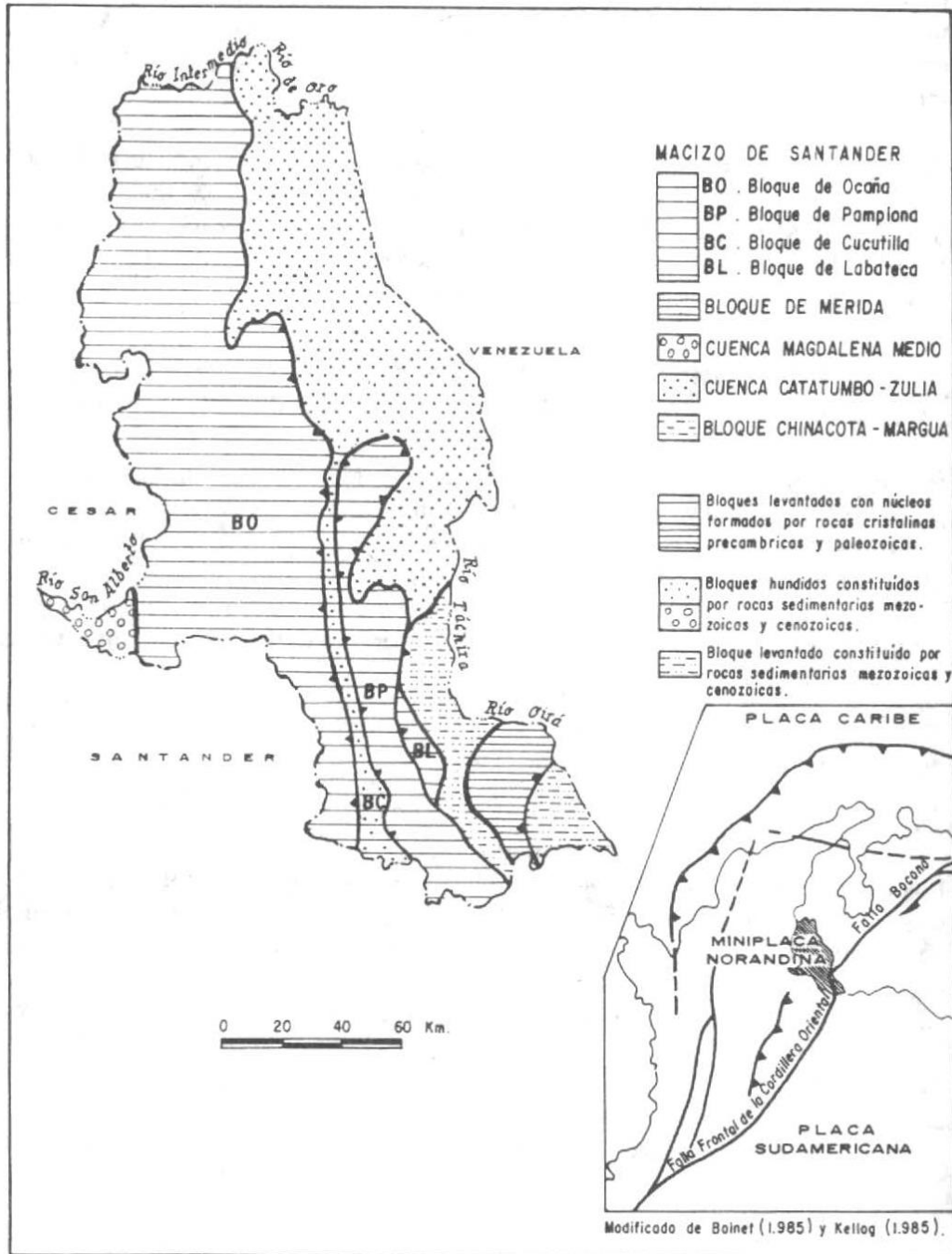


Tomado de: CABALLERO, Víctor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano: Proveniencia Sedimentaria en el Sinclinal Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. Boletín de Geología. 2010, nro. 32, nro. 1 , p. 45-77.

Mas localmente, Clavijo<sup>10</sup> expresó que el departamento de Norte de Santander ha sido caracterizado tectónicamente y dividido en cinco provincias: Macizo de Santander, Bloque de Mérida, Cuenca del Magdalena Medio, Subcuenca del Catatumbo-Zulia y Bloque de Chinácota-Margua; donde el Macizo de Santander es la mayor unidad y está conformada por los bloques de Ocaña, Pamplona, Cucutilla y Labateca.

<sup>10</sup> Clavijo Torres Jairo Op. Cit.

Figura 11. Caracterización tectónica de Norte de Santander.



Tomado de: CLAVIJO TORRES, JAIRO. Memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander. Ingeominas. 1994, nro. 12182, p.1-47.

De acuerdo a lo anterior, el área de estudio correspondiente a la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia se encuentra dentro de las provincias del Macizo de Santander y de la Cuenca del Catatumbo-Zulia.

Según Ward et al. (1973), el Neis de Bucaramanga formó parte del Escudo de La Guayana hace aproximadamente 950 m.a. durante el Precámbrico Superior, siendo esta la formación más antigua de La Cordillera Oriental; posteriormente a este evento, se depositó en un sinclinal los sedimentos que originarían a la formación silgará, los cuales fueron de apreciable espesor a lo largo del lugar de la actual Cordillera Oriental los cuales pudieron provenir del Escudo de Guayana; después, durante el Ordovícico ocurrió un plutonismo y metamorfismo evidencia de una ortogénesis; durante el Devónico Medio a Superior.

La orogénesis anterior ya había cesado y tomó lugar un amplio mar poco profundo donde se depositó la Formación Floresta y otras rocas devónicas de la Cordillera Oriental donde el metamorfismo de dicha formación tuvo lugar entre el Devónico Medio y el Pensilvaniano medio; después de esto ocurrió la depositación de la Formación Bocas, la cual ocurrió en un periodo de erosión, donde los detritos provinieron de las rocas más antiguas del macizo; durante el Paleozoico Superior al Mesozoico Inferior se presentó una orogenia que culminó con el emplazamiento post-cinemático de batolitos calco-alcalinos esparcidos en el Macizo de Santander formando así la formación Intrusivos Graníticos (Ward et al., 1973).

La depositación de la Formación Girón durante el Jurásico Superior indica la reanudación de la anterior orogenia ya que se encuentra reposando sobre una discordancia angular, la cual fue seguida por un periodo de quietud y por una transgresión Marina donde la depositación continuó hasta ser interrumpida por tres levantamientos leves seguidos por periodos de erosión donde se depositó la Formación La Luna y a la vez gran parte de esta fue erodada en algunos lugares; el amplio mar se fue volviendo gradualmente más pando depositándose allí la

Formación Colón-Mito Juan y hacia el Cretácico Medio el mar se había retirado a tal extensión que la sedimentación fue tomando un carácter continental (Ward et al., 1973).

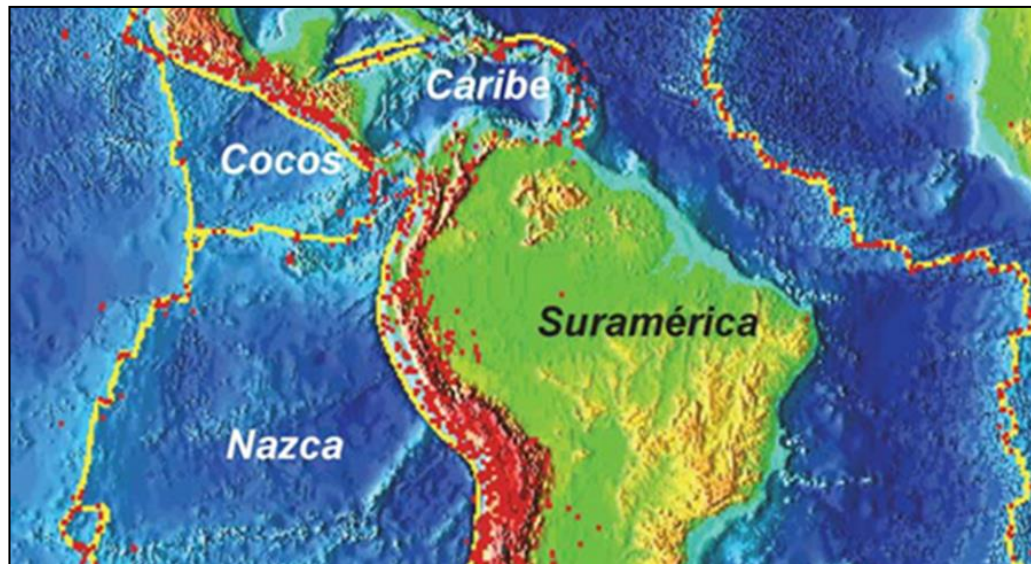
El Terciario es un periodo caracterizado por levantamientos y diastrofismo en el cual hubo acumulación de sedimento de poco espesor donde se dio la acumulación de la Formación Barco, Los Cuervos, Mirador, Carbonera y León; durante el Pleistoceno se presentaron los mayores periodos de glaciación, entre esos la Glaciación Alpina que se presentó en las regiones más altas del macizo dejando como evidencia numerosas geoformas glaciares; y finalmente en la actualidad continua activo dicho diastrofismo y levantamiento de la Cordillera Oriental (Ward et al., 1973).

**6.1.2 Marco geológico regional** El sector noroccidental del continente Suramericano corresponde al área sobre la cual se ubica el territorio colombiano, una zona continental que se encuentra limitada por los océanos Atlántico al norte y Pacífico al occidente (Vargas-Jiménez et al., 2002).

La localización tectónica colombiana se encuentra sobre la placa suramericana limitando al norte con la placa Caribe y la placa de Nazca al occidente (García, 2015).

En el territorio Colombiano se observan al menos tres dominios o aspectos fisiográficos, con características fisiográficas y sísmicas marcadamente diferentes tales como los Llanos Orientales, la región montañosa Andina y la región Caribe. Ver Figura 14.

**Figura 12. Localización tectónica de Colombia.**



1. Llanos Orientales: una extensa zona hacia el oriente con topografía plana y ligeramente ondulada que hace parte del estable escudo suramericano. En su extremo occidental se encuentra la Sierra de la Macarena, una pequeña cadena montañosa que parece aislada de la región Andina. En general, la actividad sísmica de esta zona se encuentra restringida hacia el límite con la región Andina.
2. Región Andina: se trata de un cinturón montañoso con picos volcánicos activos que alcanzan los 5500m y que se ramifica en el sur de Colombia en tres cordilleras: Oriental, Central y Occidental. A lo largo de los valles intramontañosos de estas tres cordilleras corren los ríos Magdalena y Cauca. La principal actividad sísmica de Colombia se ubica en esta zona.
3. Región Caribe: corresponde a una zona predominantemente plana que presenta hacia el norte una estructura piramidal (SNSM) con alturas que alcanzan los 5700m. En esta región el Río Magdalena desemboca en el Océano Atlántico. Su actividad sísmica es baja. Este esquema fisiográfico se complementa con la presencia de una pequeña cadena montañosa en el sector occidental de Colombia que corre paralela a la costa Pacífica, la Serranía del Baudó, y llega

a limitar el curso de los ríos San Juan y Atrato, y conforman en Panamá la Serranía del Darien. Al sur, donde se desprenden las tres cordilleras, nacen los ríos Cauca, Magdalena y Patía (Vargas-Jiménez, et al., 2002).

**Figura 13. Aspectos fisiográficos del territorio colombiano. 1. Llanos Orientales, 2. Región Andina, 3. Región Caribe.**



Algunas características principales del esquema tectónico actual del territorio colombiano se pueden describir así (Vargas-Jiménez, et al., 2002):

Tres cordilleras con tendencias N-NE, Oriental, Central y Occidental, que se desprenden desde una cordillera principal hacia al sur, las cuales se encuentran separadas por cuencas estructurales.

La naturaleza y composición de las tres cordilleras es sustancialmente diferente, cada una resultado de diferentes procesos tectónicos que afectaron al noroccidente de Suramérica.

Las cordilleras Occidental y Central están separadas por la depresión intra montañosa Cauca-Patía, por donde corre el Sistema de Fallas de Romeral controlando el Río Cauca y muchos de sus afluentes. Particularmente este sistema marca el límite entre litologías con dominios continental hacia el oriente y marino al occidente.

La Cordillera Oriental desde su inicio al sur de Colombia, se amplía progresivamente hacia el norte y muestra varios estilos estructurales y morfológicos (Vergara, 1996). El segmento sur ( $2^{\circ}\text{N}$ - $3.5^{\circ}\text{N}$ ) es una cadena estrecha con relieve moderado, recorrida en sus bordes por fallas dextrales de orientación N-NE. Su segmento central ( $3.5^{\circ}\text{N}$ - $5.5^{\circ}\text{N}$ ) presenta una importante meseta, la sabana de Bogotá, limitada en su extremo oriente por el Sistema de Fallas del Borde Llanero y al occidente por el Sistema de Fallas Salinas; todas estas fallas son de carácter inverso “en echelon” con buzamientos hacia la cordillera. Finalmente, su segmento norte ( $5.5^{\circ}\text{N}$ - $7.5^{\circ}\text{N}$ ) el más amplio de todos, con alturas que alcanzan los 5.500m, está limitado hacia el norte por una falla de rumbo con desplazamiento sinistral conocida como Falla Santa Marta-Bucaramanga.

El límite de las placas Suramericana y Caribe consiste en una amplia zona de deformación transpresiva dextral, donde los mecanismos de deformación sugieren deslizamientos discretos en el borde de acreción sur del Caribe, causando por

convergencia oblicua absorbida a lo largo de fallas transcurrentes (Oca-Ancon, San Sebastián y El Pilar).

La deformación continental al norte de Colombia y noroccidente de Venezuela es absorbida principalmente por los sistemas de fallas que limitan el bloque triangular de Maracaibo (Audemar & Singer, 1996). De este modo, los Andes de Mérida que llegan a ser el límite entre el Bloque Maracaibo y el cratón suramericano se caracteriza por deformación transpresiva y fallas dextrales que recorren paralelamente el pie de la cordillera. La Falla Santa Marta-Bucaramanga llega a estar asociada con el movimiento relativo NE del Bloque Maracaibo respecto a la placa Suramericana.

La cuenca hidrográfica del Río Zulia se encuentra localizada en la margen oriental de Colombia, en Límites con Venezuela, con una superficie de 348.776 Ha, que comprende el territorio 15 municipios (Ver Figura 15). Esta se halla en el departamento de Norte de Santander, en la región oriental de la Cordillera oriental, en las provincias del Macizo de Santander y en la Subcuenca del Catatumbo-Zulia según la caracterización tectónica realizada por Clavijo<sup>11</sup>. Según Caballero et al.<sup>12</sup>, de acuerdo al basamento el territorio Colombiano se divide en tres provincias: Oriental, Central y Occidental, encontrándose dicha cuenca en el extremo oriental de la provincia central.

Según el mapa de terrenos de Etayo-Serna et al.<sup>13</sup> se encuentra localizada dentro del terreno Santander que se encuentra limitado por la Falla de Bucaramanga, la Falla de Soapaga y la Falla de Arena Blanca.

En cuanto a su litología, esta cuenca está compuesta por rocas metamórficas como el Neis de Bucaramanga, la Formación Silgará y el Neis de Bucaramanga;

---

<sup>11</sup> CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit.

<sup>12</sup> CABALLERO, Víctor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto Op. Cit.

<sup>13</sup> ETAYO-SERNA, Fernando Op. Cit.

por rocas ígneas como la Tonalita y Granodiorita, la Cuarzomonzonita y Granito, la Cuarzomonzonita de la Corcova, el Granito de Arboledas, el Granito de Durania y la Cuarzomonzonita Biotítica; y por rocas sedimentarias como la Formación Floresta, la Formación Diamante, la Formación Bocas, la Formación Girón, la Formación Río Negro, la Formación Tibú-Mercedes, la Formación Aguardiente, la Formación Capacho, la Formación La Luna, la Formación Colón-Mito Juan, la Formación Barco, la Formación Los Cuervos, la Formación Mirador, la Formación Carbonera, la Formación León y la Formación Guayabo. La geología estructural de la cuenca está representada por las fallas Carbonera, Cerro, Gramalote, Hortensia, Leoncito, Morro Negro y Mutiscua, las cuales se encuentran cortando dicha cuenca, y los pliegues: anticlinales de Cúcuta, Gramalote, Gonzalez, Aguardiente, Leoncito, Mucurara y Tasajero, y los sinclinales Cañaguaté, Carbonera y Zulia.

**Figura 14. Localización de la Cuenca del Río Zulia en Colombia**



**6.1.2 Litoestratigrafía** En la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia afloran representantes litológicos, cuyas edades oscilan desde el Cámbrico, hasta el reciente, con procesos sedimentarios que tienen lugar hoy día y en el pasado mediante agentes geomórficos tales como las masas glaciares del pasado, las estructuras y las corrientes que conforman su sistema hidrográfico. Se describen a continuación, de más antigua a más reciente: Neis de Bucaramanga (pEb), Formación Silgará (pDs), Ortoneis (pDo), Intrusivos Graníticos (Gr), Tonalita y Granodiorita (TRtgd), Cuarzomonzonita y Granito (JRcg), Cuarzomonzonita de la Corcova (JRcl), Granito de Arboledas (TJgr), Granito de Durania (TJgd),

Cuarzomonzonita Biotítica (Jc), Formación Floresta (Df), Formación Diamante (Cd), Formación Bocas (Jb), Formación Girón (Jg), Formación Río Negro (K1m), Formación Tibú-Mercedes (K1tm), Formación Aguardiente (K1a), Formación Capacho (K1c), Formación Luna (K2l), Formación Colón-Mito Juan (K2cmj), Formación Barco (E1b), Formación Cuervos (E1lc), Formación Mirador (E2m), Formación Carbonera (E2c), Formación León (E3l), Formación Guayabo (E3g) y depósitos cuaternarios.

**6.1.2.1 Estratigrafía** La descripción, la distribución geográfica, los contactos y la génesis de las unidades se sustentan en base a la bibliografía y se complementa durante la fase de campo.

**1 Neis de Bucaramanga (pEb)** Ward et al. (1973) lo define como una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado que consiste principalmente en parameis pelíticos y arenaceos, esquistos, y cantidades subordinadas de neises calcáreos, mármoles, neises hornbléndicos y anfibolitas. También incluye zonas de migmatitas de dos tipos: una en la cual el paraneis está mezclado con rocas graníticas néisicas, y otra donde ambos están cortados por muchas masas pequeñas de granito no foliado de edad mucho más joven.

El neis de Bucaramanga aflora en tres fajas, la primera, la faja más occidental o faja de Bucaramanga se encuentra al este de la falla con el mismo nombre, en vecindad con la ciudad; la segunda faja, llamada faja Central, se extiende desde el área de Berlín, en la parte norte del cuadrángulo H-13 hacia el norte, y desde el área de California-Cachirí hasta el Área de Morro Nevado al oeste de Mutiscua; y la tercera faja, llamada faja Oriental presenta rumbo norte cerca de Chitagá y del sur de Pamplona ocurriendo en bloques fallados y separados. En cuanto a la litología, el neis consiste en meta-pelitas, semi-pelitas y meta areniscas intercaladas con capas delgadas y localizadas de rocas calcosilicatadas y

mármoles; el neis hornblendico y la anfibolita estan subordinados y restringidos a zonas cercanas a los horizontes calcosilicatados (Ward et al. 1973).

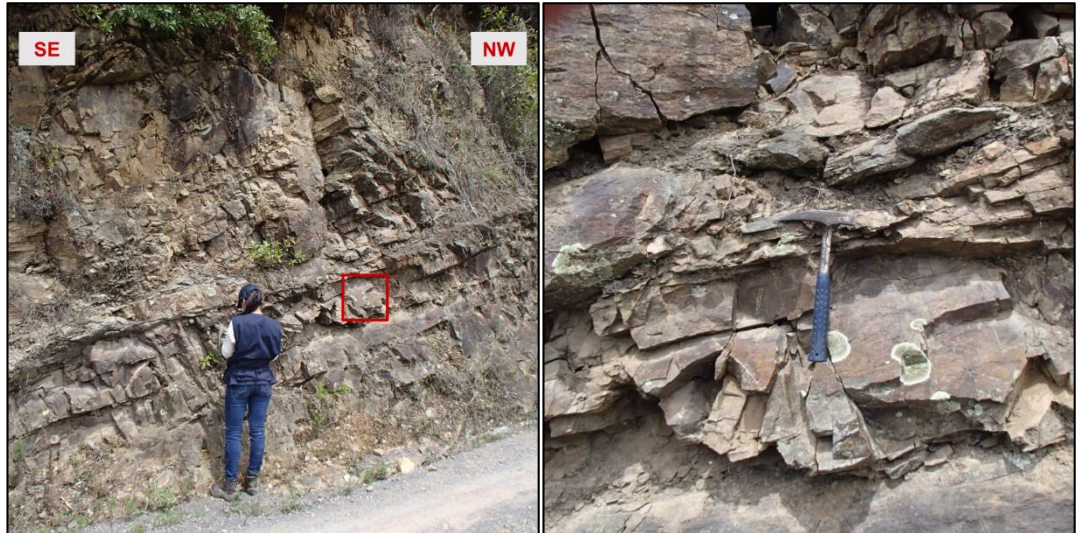
Según Fúquen et al. (2011), esta unidad se caracteriza por la presencia de una gran variedad de litologias conformadas por esquistos, neises y anfibolitas que forman montañas con pendientes altas y geometrías alargadas bastante resistentes a la erosión.

En cuanto a su edad, Ward et al. (1973) da una datación radiométrica Rb/Sr de una muestra de neis biotítico de un corte de la carretera de Berlín a Vetas que dio una edad de  $680\pm 140$  m.a. que debido a su amplio margen de error podría ser tan joven como el Cámbrico; también se realizó otra datación radiométrica K/Ar de una hornblenda de una muestra de neis hornbléndico tomada cerca de Ocaña en el Neis de Bucaramanga, arrojando una edad de  $945\pm 40$  m.a. localizándolo en el Precámbrico.

Gracias a las dataciones anteriores, Ward et al. (1973) determinó que el Neis de Bucaramanga puede reflejar un ciclo de la orogenia del precámbrico localizado tentativamente alrededor de 940-945 m.a.

En la cuenca se encuentra una faja que se extiende desde el sur de Gramalote atravesando al municipio de Salazar, hasta el norte de Arboledas. Se encuentra otra faja que abarca desde el sur de Durania, atravesando el este de Arboledas, el oeste de Bochalema, el este de Cucutilla, hasta la región norte y centro de Pamplona. Una tercera faja se encuentra aflorando desde el Sur de Arboledas hasta el Sur de Cucutilla atravesando dicho municipio. Esta formación allí está representada por litologías de tipo neises anfibólicos, cuarzofeldespatícos, y anfibolitas.

**Fotografía 11. Neis Cuarzo Biotítico, Neis de Bucaramanga (PEb). Orientación S66E-N66W. Coordenadas: 1147494 m E, 1313167 m N, 2136 msnm.**



**2 Formación Silgará (pDs)** Ward et al. (1973) la definió como una secuencia delgada de rocas clásticas metamorfoseadas y estratificadas constituidas por pizarras, filitas, metalimolitas, meta arenicas, meta wacas y meta wacas guijarrosas, con grado de metamorfismo medio a bajo, tomando el nombre de Formación Silgará debido a la Quebrada Silgará, que se encuentra ubicada al nor-este del cuadrángulo H-12, en la cual aflora una faja de 15 Km de ancho; la sección tipo de esta formación se encuentra entre el sur del municipio Matanza y el nor-oeste del municipio Cachirí.

Según Ward et al. (1973), La Formación Silgará en el área de estudio se encuentra envolviendo parcialmente a la Formación Ortoneis y al Neis de Bucaramanga, y se extiende desde el Sur de Berlín hacia el Norte, pasando por el área de Silos-Berlín, Mutiscua, extendiéndose más allá hacia la faja Pamplona – Chitagá la cual consiste principalmente en esquistos micáceos, meta-areniscas y meta-wacas; en esta faja se describe una cuarcita que forma un escarpe notorio en la base del esquistos micáceo que se ha interpretado como la base de la

Formación Silgará. Según Arias y Vargas (1971) se encuentra una importante faja expuesta de la formación Silgará al Sur del municipio de Cáchira, como una franja delgada que se prolonga hacia el norte, ganando más espesor hasta alcanzar su punto máximo de desarrollo al este y nor-este del municipio Abrego, donde aflora en una longitud de aproximadamente 25 Km.

En cuanto a su edad, Ward et al. (1973) debido a que rocas del devónico medio de la Formación Floresta sin metamorfosear se encuentran descansando discordantemente sobre rocas metasedimentarias de la Formación Silgará, se determina que esta última presenta una edad pre-Devónico Medio y se determina que un periodo de metamorfismo regional, levantamiento y erosión debe haber ocurrido entre el tiempo de depositación del Silgará y la acumulación de la formación Floresta; la Formación Ortoneis, cuya datación se basa en datos radiométricos, corresponde al Ordovícico, el cual se encuentra intruyendo a la Formación Silgará indicando que dicha formación no es más joven que el ordovícico; y el Neis de Bucaramanga mediante dataciones radiométricas se determinó que pertenece al Pre-Cámbrico, por lo cual se coloca finalmente a la Formación Silgará tentativamente en una edad equivalente al ordovícico o al Cámbrico.

En el área de estudio esta formación se compone de una faja que abarca desde el sur del municipio El Zulia hasta el norte del municipio Santiago, una segunda faja se encuentra atravesando arboledas de norte a sur hasta cruzar el límite con Cucutilla, y una última faja abarca desde el norte de Cucutilla hasta el sur de Mutiscua atravesando Pamplona. En la cuenca esta formación se encuentra litológicamente representada por esquistos moscovíticos, biotíticos, cloríticos y grafitosos, también por metaarenitas y cuarcitas.

**Fotografía 12. Esquisto Moscovítico, Formación Silgará (pDs). Orientación N15E-S15W. Coordenadas: 1147202 m E, 1319854 m N, 1795 msnm.**



**3 Ortoneis (pDo)** Fue definido por Ward et al. (1973) como un neis de composición granítica a tonalítica de edad pre-Devóviana; Arias y Vargas (1978) definieron esta unidad como la que presenta una menor extensión de área dentro de las rocas metamórficas, donde sus afloramientos se encuentran localizados al oeste de la falla de Bucaramanga en las estribaciones de la cordillera y se caracteriza principalmente por rocas masivas con lineación definida; y Royero y Clavijo<sup>14</sup> en Fúquen et al. (2011) lo describen con el nombre de Ortoneis de Berlín por encontrarse en la sección tipo en los alrededores de Berlín.

En cuanto a su litología, Ward et al. (1973) lo presenta como un neis cuarzofeldespático masivo de metamorfismo medio a alto, de composición granítica a tonalítica y que presenta cortinas delgadas de neis hornbléndico y anfibolita con presencia de diques metamorfoseados; y que presenta contactos discordantes con la Formación Floresta y con la Formación Silgará. Arias y Vargas (1978) lo definieron como una roca bandeada de grano medio a grueso con

<sup>14</sup> CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit.

orientación definida en cristales de cuarzo y feldespato; en sección delgada presenta una textura granoblástica y está compuesto principalmente por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, moscovita, y en algunos casos granates, con circón, magnetita, esfena, apatito y epidota como minerales accesorios. Fúquen et al. (2011) en cuanto a su litología la define como rocas bandeadas, con cristales de tamaño medio a grueso, con orientación definida, compuesto por cuarzo, feldespato potásico, anfíbol y biotita, con texturas migmatíticas tipo augen. Arias y Vargas (1978) determinaron que esta unidad proviene de rocas graníticas y tonalíticas sometidas a metamorfismo regional de grado medio a alto.

En cuanto a la edad, Ward et al. (1973) realizó una datación radiométrica de Rb/Sr a una muestra de ortoneis al nor-este de Berlín, en el margen del Río Caraba obteniéndose una edad de  $450 \pm 80$  m.a. correspondiente al Ordovícico y Goldsmith et al. (1971) en Ward et al. (1973) realizó otra datación en una metadiorita al occidente de Ocaña, obteniendo una edad radiométrica K/Ar de  $413 \pm 30$  m.a. situándolo en el Devónico.

En la cuenca afloran fajas de esta formación, una importante faja se encuentra aflorando desde el sur de Gramalote hasta el norte de Arboledas atravesando Salazar del norte a sur, otra faja se encuentra en la región oriental de Arboledas, otra abarca desde la región central de Cucutilla hasta la región nor-oeste de Pamplona atravesando Mutiscua de norte a sur, y una última faja aflora desde la región central de Pamplona hasta la región nor-este de Mutiscua. En esta área esta litología se encuentra representada por neis cuarzofeldespático y neis biotítico.

**Fotografía 13. Ortoneis (pDo). Orientación N25E-S25W. Coordenadas: 1130852 m E, 1331861 m N, 1497 msnm.**



**4 Intrusivos Graníticos (Gr)** Conjunto de rocas ígneas y metamórficas de edad anterior al Cretácico que subyacen a las rocas sedimentarias más antiguas que afloran principalmente a lo largo de la vertiente oriental de la Sierra de Perijá y que está conformado por rocas neísicas bandeadas, a veces migmatíticas de composición granítica, esquistos altamente plegados y deformados de grado metamórfico intermedio, y filitas; también se han encontrado metasedimentos con un leve grado de metamorfismo (Suescún et al., 1967).

**5 Tonalita y Granodiorita (TRtgd)** Hace referencia al Plutón de Páramo Rico, que cubre un área de cerca de 50 km<sup>2</sup> que se encuentra en el centro del páramo del mismo nombre y al nor-este del Cuadrángulo H-13; el plutón está compuesto casi en su totalidad por tonalita y granodiorita, con unos pequeños stocks de cuarzomozonita, aplita y porfirita en las esquinas sur-oeste y nor-este respectivamente, donde la granodiorita predomina en la parte sur y la tonalita en la parte norte (Ward et al., 1973).

En cuanto a su litología, consiste en tonalita gris de grano medio a grueso y granodiorita; el contacto entre la Tonalita y Granodiorita, con la Cuarzomonzonita de Santa Barbara no se encuentra expuesto, y la Tonalita y Granodiorita intruye claramente al Neis de Bucaramanga que a su vez está cubierta de forma inconforme por la Formación Tambor del cretácico inferior; en sección delgada, las rocas son hipidiomórficas y contienen plagioclasa tabular subhedral no zonada a débilmente zonada, con maclamiento complejo, hornblenda en subhedros, biotita de color verde marrón, cuarzo intersticial y feldespato potásico puro, donde las rocas de grano más fino carecen de este último (Ward et al.,1973).

En cuanto a su edad, esta unidad es más antigua que la Cuarzomonzonita de La Corcova, es pre-Girón y posterior al principal metamorfismo regional que se considera ordoviciano, por lo tanto, la Tonalita y Granodiorita podría encontrarse dentro del Silúrico al Triásico (Ward et al.,1973).

**6 Cuarzomonzonita y Granito (JRcg).** Se definen como pequeñas intrusiones de cuarzomonzonita, granito y pórfido cuarzoso de colores gris rosado a gris claro que están distribuidos en la Formación Silgará y en el Neis de Bucaramanga en la parte norte de los cuadrángulos H-12 y H-13, al este del batolito de Rionegro, al norte y nor-este del cuerpo principal de la Cuarzomonzonita de La Corcova como silos y otras intrusiones, y en el área de la gran curva del Río Suratá al sur-oeste de Matanza como intrusiones de roca porfirítica, donde la mayor parte de las intrusiones se encuentran altamente meteorizadas: en el Cuadrángulo H-13, gran parte de la roca de esta unidad se encuentra extensamente fracturada, lixiviada e impregnada con sílice y sulfuros, principalmente con pirita aurífera (Ward et al., 1973).

Ward et al. (1973) describe la masa principal de roca cerca de California como granito y cuarzomonzonita rosada pálida a blanca, de grano fino, localmente de grano medio, con fenocristales de cuarzo bipiramidal donde se han observado dos

fases: una fase porfídica una fase porfídica con fenocristales de cuarzo y de feldespato, y una fase aplítica de grano uniforme, donde la roca fresca contiene biotita diseminada de grano fino; en sección delgada las rocas presentan textura aplítica, con cantidades iguales de oligoclasa no zonada y feldespato potásico peritítico.

En cuanto a su edad, debido a que en el conglomerado de la formación Bocas del triásico se encuentran guijarros de esta unidad, se cree que parte o toda esta corresponde a al triásico o a una edad más antigua que es posiblemente pérmico (Ward et al., 1973).

**7 Cuarzomonzonita de La Corcova** Ward, et al., (1973) define esta unidad como una masa principal que conforma la Corcova, constituido por un grano fino a medio, principalmente equigranular y de textura saracoide, con biotita uniformemente diseminada; es de color gris cuando es fresca y meteoriza a gris claro o gris amarillento, en ocasiones forma estructura fluidal; composicionalmente presenta 30% a 35% de cuarzo, 25% a 45% de plagioclasa zonada, 30% a 45% de feldespato potásico, predominantemente microclina, 3% de biotita y trazas de hasta 2% de moscovita; la composición de la cuarzomonzonita típica de la Corcova es característica, la cantidad de plagioclasa y cuarzo son menos en otras y la del feldespato potásico es ligeramente mayor; en algunos sectores como la vía Los Curos a Guaca, al sur y al este del río Manco parte de la roca es ligeramente porfirítica, con fenocristales de plagioclasa blanca

Esta unidad se encuentra aflorando como sección tipo sobre la carretera Bucaramanga-Pamplona, cuadrante H12-H13, la cual se encuentra notablemente lineal y limitado por fallas que siguen la dirección y la longitud de 15km y 3km de ancho.

En cuanto a la edad, Ward et al. (1973) realizó una datación radiométrica de K/Ar en moscovitas de la Corcova, la cual es semejante a las rocas de los batolitos principales del Macizo, sin embargo, es incierta. La Corcova parece ocupar una posición intermedia, en el tiempo entre las rocas ígneas granodioríticas grises y las ígneas rosadas más graníticas de los Batolitos.

**8 Granito de Arboledas (TJgr)** Cuerpo ígneo granítico de color rosado, Holocristalino, con cristales de tamaño medio a fino, inequigranular, que está compuesto petrográficamente por feldespato potásico (54,53%), Cuarzo (33,3%) y plagioclasa (11,21%) y presenta también minerales opacos y hornblenda; con cristales de formas anhedrales a subhedrales, con textura de intercambio y penetración del feldespato alcalino y del cuarzo. También se describen cuerpos no cartografiados de composición granítica, de coloración rosada, con textura granular porfirítica, con matrix microcristalina y fenocristales de tamaño medio a grueso que cortan el Neis de Bucaramanga y la Formación Silgará (Fúquen et al. 2011).

Esta unidad se observa en el área sur del municipio de Arboledas en contacto fallado con rocas de la formación Silgará y de la Formación Giron; y en cuanto a su edad se tiene indicada en un rango Triásico-Jurásico debido a que estos intrusivos se encuentran cortando el neis de Bucaramanga, la Formación Silgará y posiblemente la Formación Girón (Fúquen et al. 2011).

En esta área afloran dos importantes fajas paralelas entre sí hacia la región norte del municipio Cucutilla. Se observan fajas más pequeñas hacia el centro y oriente del municipio Arboledas, y hacia la región central y oriental de Cucutilla. Litológicamente esta unidad en la cuenca está compuesta por rocas de tipo granito.

**Fotografía 14. Granito de Arboledas (TJgr). Orientación S35E-N35W.  
Coordenadas: 1144052 m E, 1328893 m E, 1147 msnm.**



**9 Granito de Durania** De acuerdo a Ward, et al., (1973) toma el nombre de Durania debido a la sección típica que se encuentra cerca de la población Durania; esta unidad la describe como un granito blanco moscovítico, equigranular, de grano medio a grueso y ligeramente neísico en algunos sitios, meteorizan rápidamente por disgregación en fragmentos. Composicionalmente está integrado por cantidades casi iguales de cuarzo, microclina y plagioclasa.

También presentan pegmatitas blancas ricas en moscovitas, con los mismos minerales de granitos las cuales se encuentran en las rocas metasedimentarias que están siendo relacionadas con el granito ya que se encuentran rodeando el Plutón. (Ward et al., 1973)

Se localiza en una franja norte-sur que se extiende desde el área de Pamplona, en la parte oriental del Cuadrante H-13 al norte, hasta más allá de las poblaciones de Durania, según Ward, et al., (1973), la masa mayor del granito presenta dimensiones de 17km de largo por 4km de ancho, ubicado al sur de Pamplona y una masa más pequeña aflora al sur de esta, cerca de la carretera Silos-Chitagá.

Según Ward, et al., (1973) no se conoce la edad de esta unidad, sin embargo, las rocas más jóvenes que corta son las de la Formación Silgará, la cual pertenece al evento post-metamórfico, cubierto por la Formación Tibú del Cretácico medio a inferior. De esta manera las edades posibles se encuentran en el intervalo del Ordovícico al Cretácico, sin embargo, es más probable que se dé entre el Devónico y el Jurásico. Por lo tanto, esta unidad no se incluye en el grupo Plutónico de Santander.

**10 Cuarzomonzonita Biotítica (Jc)** Ward et al. (1973) la definió como una cuarzomonzonita biotítica, de grano medio, equigranular a subporfirítica, de color rosado a gris calro, que está constituida por un 5% de biotita negra y cantidades aproximadamente iguales de cuarzo gris, plagioclasa blanca y feldespato potásico rosado; donde la roca se encuentra generalmente muy meteorizada y los afloramientos frescos no son fácilmente accesibles; y estableció que la cuarzomonzonita meteoriza a un suelo gris claro amarillento y localmente naranja donde la roca es más máfica.

En sección delgada estas rocas presentan una textura hipidiomorfa, con 25 a 35% de cuarzo, 25 a 45% de oligoclasa subhedral, 20 a 40% de microclina y micropertita anhedral y 1 a 10% de biotita.; con zircón, esfeno, allanita, apatito y óxido de hierro como minerales accesorios; y con clorita, epidota y sericita como minerales secundarios (Ward et al., 1973).

En cuanto a su edad, se realizaron 2 dataciones K/Ar en biotitas de la granodiorita cerca del municipio Santa Cruz, las cuales arrojaron edades de  $172\pm 6$  m.a. y de  $177\pm 6$  m.a. ubicandola en el Jurásico Inferior a Medio, lo cual indica que es aproximadamente 20 m.a. más joven que los otros batolitos de la zona, y debido a su semejanza con otros plutones se incluye dentro del grupo plutónico de Santander (Ward et al., 1973).

**11 Formación Floresta** Botero (1950) en Ward et al. (1973) introdujo el nombre de dicha unidad y la definió como estratos del Devónico que suprayacen esquistos y neises, y que están cubiertos a su vez por pizarras y argilitas de la formación Cuche, de edad pérmico y carbonífero, que aflora cerca al área de Floresta.

La sección típica se encuentra cerca de Floresta, a 150 km al sur de Bucaramanga, donde presenta un espesor de 600 a 700 metros; dicha formación no es muy resistente a la meteorización y tiende a formar topografía ondulada sin relieve sobresaliente; en cuanto a su composición presenta principalmente argilitas, pizarras o filitas; y en cuanto a la capa fosilífera, el cemento calcáreo ha sido lixiviado de una limolita calcárea y dura, dejando una roca marrón amarillenta clara, porosa y blanda, con abundantes moldes y rellenos de fósiles que están en su mayor parte fragmentados, allí los briozoarios son muy abundantes, los braquiópodos son comunes y los corales, trilobites y gasterópodos son relativamente escasos; la edad de esta formación se ha reconocido generalmente como Devónico Medio debido a la edad de sus abundantes fósiles (Ward et al. 1973).

Se presenta una parte de la formación floresta ligeramente metamorfoseada que cubre la formación Silgará cerca de Mogotes y San Joaquín y se indica que hay una faja de aproximadamente 750 a 1000 m de la formación, y los horizontes fosilíferos se encuentran como mármol de color gris oscuro (Ward et al. 1973).

**12 Formación Diamante (Cd)** Según Ward et al. (1973), esta formación recibe el nombre de las canteras de Cementos Diamante S.A., que obtiene caliza para la fabricación de las capas superiores de esta formación a unos pocos kilómetros al norte de Bucaramanga; allí se encuentra la sección tipo y también hacia el noreste a lo largo de la antigua carretera Bucaramanga-Rionegro donde se extiende a lo largo del lado oriental de la quebrada La Mona por una distancia aproximada de 2 km y con un espesor de aproximadamente 440 m.

Esta unidad está constituida litológicamente por areniscas de grano fino a medio, de color púrpura claro a gris púrpura oscuro, de dureza variable, con intercalaciones de arcillolita de color semejante; algunas veces las areniscas son feldespáticas y micáceas, y otras veces de grano grueso a conglomeráticas con guijarros de cuarzo hasta de 7 mm de diámetro; también puede presentar shale gris oscuro con intercalaciones de calizas y arcilloliras limosas de color gris verdoso, y presenta muy pocas capas fosilíferas, las cuales son muy delgadas (Ward et al., 1973).

En cuanto a su edad, se recolectaron fósiles de braquiópodos, crinoideos, equinodermos y pelecípodos, en los afloramientos de caliza en el área general de la sección tipo que fueron identificados y se les asignó una edad que va desde el Pensilvaniano medio hasta el Pérmico Medio (Ward et al., 1973).

**13 Formación Bocas (Jb)** Esta unidad toma el nombre de “Bocas Series” dado por Dickey (1941) en Ward, et al. (1973). Su sección tipo está dada en el Cuadrante H-12, por Ward, et al., (1973) con un espesor aproximado de 590m.

De acuerdo a Royero y Clavijo<sup>15</sup>, la Formación Bocas está integrada por una alternancia de limolitas, areniscas y arcillolitas calcáreas, gris verdosas y gris oscuras, limolitas gris verdosas, con nódulos calcáreos, conglomerados gris verdosos y arcillolitas gris oscuras, fosilíferas, limolitas gris verdosas a rojo grisáceas, levemente calcáreas. Hacia la parte superior se encuentran capas delgadas de rocas volcánicas.

Según Remy, et al. (1975) en Royero y Clavijo (2001) considera que ha sido depositada en un ambiente un ambiente continental.

---

<sup>15</sup> CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit.

En el área de Santander esta unidad se encuentra entre la Formación Diamante (contacto inferior) y la Formación Jordán (contacto superior) (Ward et al., 1973). Según Royero & Clavijo (2001) presenta discontinuidad estratigráfica sobre el Neis de Bucaramanga y las Formaciones Silgará y Floresta e infrayace concordantemente a la Formación Jordán; la edad fue determinada con base en conodontes como Jurásico inferior y es equivalente en parte con las formaciones Montebel y Batá.

**14 Formación Girón (Jg)** Inicialmente Hettner (1892) en Ward et al. (1973) usa el nombre “Girón Series”, para designar un conjunto grueso de areniscas, conglomerados y limolitas color marrón rojizo expuestas al oeste de Bucaramanga. De acuerdo con Ward, et al. 1973, Lanhenheim (1954) designa la localidad tipo en el cañón del Rio Lebrija con un espesor de 3500 m divididos en tres miembros: miembro inferior arenoso (750m), miembro intermedio lodoso (1.250 m) y miembro superior arenoso (1.500 m).

Según Royero y Clavijo (2001), otros autores como Julivert (1958) realizaron un estudio de la Formación Girón en su parte basal y también Navas (1963), mide la sección tipo con un espesor de 2600 m dividiéndola en siete facies.

Royero y Clavijo (2001) consideran que la sedimentación de esta unidad está dado por ambiente continental, fluvial a lacustre fluvial, que coincide con lo propuesto por Rocha (2015) en Royero y Clavijo (2001) quien considera un ambiente fluvial de canal y planicies de inundación, caracterizado por depósitos de barras de canal, depósitos de canales abandonados y de llanura de inundación, indica que la composición mineralógica de la secuencia en general, se derivan de la erosión de rocas cristalinas y metamórficas que se encuentran presentes en la zona o cerca de ella, localizadas principalmente al este de la Falla de Bucaramanga.

Esta unidad presenta sus límites como contactos inconformables con la infrayacente Formación Bocas y suprayacente Formación Los Santos. A nivel general la Formación Girón está compuesta por areniscas de grano medio, grueso a ligeramente conglomeráticas, de color rojo violáceo, rojo grisáceo y gris verdoso, estratificación cruzada, en capas gruesas, con interestratificaciones de limolitas y lodolitas, de color rojo violeta, grisáceo u algunos niveles delgados de conglomerados con guijos de cuarzo hasta de 4 cm (Royero y Clavijo, 2001).

Según Ward et al., 1973, la edad de la Formación Girón basados en pocos fósiles vegetales e invertebrados en el área de la sección tipo, han variado desde el Carbonífero hasta el Cretácico. (Oppenheim, 1940 en Ward et al., 1973), por otra parte, las edades radiométricas obtenidas de las rocas ígneas las cuales se derivaron principalmente los sedimentos de esta unidad evidencian una edad de 190 m.a cerca del límite cronológico Triásico-Jurásico. Según Oppenheim (1940) en Ward et al. (1973) y litológicamente es correlacionable con la Formación La Quinta del Jurásico superior ubicada en el occidente de Venezuela.

**15 Formación Río Negro (K1m)** Inicialmente fue mencionado por Hedberg (1931) en Arias y Vargas (1978) con el nombre "Rionegro Conglomerate, posteriormente Hedberg y Sass (1937) en Arias y Vargas (1978) realizan una descripción detallada de la litología denominada con el nombre de Formación Rionegro, la cual está constituida areniscas de grano medio y grueso de color crema, bien seleccionadas con granos subredondeados a subangulares; areniscas conglomeráticas de grano medio a guijo y en menor proporción por conglomerados arenosos y lodolitas arenosas arenosas. Composicionalmente, las areniscas varían de subarcólicas y sublíticas hasta cuarzoarenitas, las lodolitas son predominantemente cuarzosas y los conglomerados desde líticos hasta cuarzosos, con fragmentos tamaño guijo y guijarro. Están dispuestas en capas medianas y gruesas de geometría cuneiforme y plana paralela con laminación interna cruzada plana y en artesa; la sección tipo es dada en la Quebrada Cuesta

Boba, al suroeste de la Mesa de Los Conde, Municipio de Villa Caro, Departamento de Norte de Santander, presentando un espesor de aproximadamente 40m y se considera que en su base corresponde a la sección basal del Cretácico, a los 5-12m basales del Tibú (Arias y Vargas 1978).

Según Fabre (1985) en Royero (2001) los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente marino litoral o en aguas tranquilas.

Esta unidad se encuentra hacia el límite inferior en contacto discordante con la Formación Girón y sobre la Formación Silgará y hacia el límite superior aparece en contacto concordante con las Formaciones Tibú y Mercedes, a su vez es correlacionable con la Formación Tambor en la Cuenca del Valle Medio del Magdalena (Arias y Vargas 1978).

Según Arias y Vargas (1978), la edad de esta formación es asignada Aptiano Inferior a Barremiano – Neocomiano, de acuerdo a las relaciones de campo y flora y fauna determinadas en Venezuela (Schwarck Anglade et al., 1956 en Julivert, 1968). En la península de la Guajira Renz (Renz, 1956, en Julivert, 1968) atribuye una edad Valanginiana a la base de la Formación Río Negro por la presencia de unas capas de calizas con *Trigonia aff. lorentii* Dana; y por su posición estratigráfica indicador del Hauteriviano.

**16 Formación Tibú- Mercedes (K1m)** Según Ward et al (1973), esta formación hace parte del grupo Uribante. Su nombre hace referencia al Río Tibú y al Valle Mercedes del área de la Concesión Barco en el cuadrángulo F-13; allí se presentan en la base de la sección Tibú areniscas guijarrosas de grano grueso cubriendo rocas ígneas y metamórficas, encima de las areniscas se encuentran densas calizas fosilíferas, de color gris, con pocas intercalaciones de capas de shale y areniscas de grano fino; encima de la caliza existe un contacto fuerte pero conforme con shales gris oscuros que conforman la base de la sección Mercedes;

después se presentan intercalaciones de caliza, shale y arenisca donde el shale es de color gris oscuro a negro, micáceo y carbonáceo y las areniscas son grises, de grano fino a medio, comúnmente glauconíticas y algunas muy calcáreas; y las calizas se asemejan a las de la sección Tibú y algunas son arenosas; y en el tope de la sección Mercedes predominan calizas y shales (Ward et al., 1973). Fúquen et al., (2011) afirmó que, dada la afinidad litológica de estas formaciones, no permite diferenciarlas fácilmente y se toman como una sola unidad litoestratigráfica.

En cuanto a su litología, Fúquen et al., (2011) definió esta unidad en el sector de la Finca El Liebano, en cercanías de la Hacienda Teherán, al norte de la plancha 98 donde está conformada por calizas grises oscuras, fosilíferas, en capas gruesas y areniscas amarillentas de grano fino, cuarzosas, en capas delgadas, con intercalaciones de shale oscuros, y hacia el tope capas gruesas de caliza fosilífera.

En cuanto a su edad, se realizaron dataciones de moluscos y equinodermos de esta formación al sur de Sardinita que indicaron una edad de Aptiano Superior a Albiano Medio según Sutton (1946) en Ward et al. (1973) o de Aptiano a Albiano Inferior según Trump y Salvador (1964) en Ward et al. (1973).

Según Royero y Clavijo, (2001) los contactos de la Formación Tibú-Mercedes son concordantes con la infrayacente Formación Río Negro y con la suprayacente Formación Aguardiente

En la Formación Tibú se encuentran reservorios de petróleo en los campos de Tibú y Socuavó de la Concesión Barco, en sitios donde el fracturamiento proporciona permeabilidad (Ward et al., 1973).

**17 Formación Aguardiente (K1a)** De acuerdo a Royero y Clavijo, 2001, esta unidad es dada inicialmente como el miembro superior del Grupo Uribante, pero Sutton en Julivert, et al. (1968) en Royero y Clavijo (2001), le dio nombre de Formación Aguardiente, su localidad tipo se encuentra en el Cerro Aguardiente, Norte de Santander (Richards, 1968 en Royero y Clavijo, 2001). En ella se encuentran más de 200m de areniscas glauconíticas y calcárea, de grano grueso, gris o verde claro, extremadamente dura con estratificación cruzada, shale carbonáceo, micáceo y negro, en capas delgadas y láminas.

Según Royero y Clavijo (2001), se encuentra aflorando al extremo oriental de Santander, integrada por areniscas de cuarzo, grises a gris claras de grano fino, medio y grueso, glauconíticas, con estratificación cruzada en intercalaciones delgadas de lodolitas grises a negras, carbonosas y micáceas.

También Ward et al. (1973), la define a lo largo de la carretera Bucaramanga-Cúcuta, al este de Pamplona, donde se encuentra expuesta en capas invertidas, con un espesor más grueso de 440m que la localidad tipo y las areniscas no son calcáreas o glauconíticas y no presentan calizas. Para Fabre (1985) en Royero y Clavijo (2001) considera que la unidad hace parte de una ambiente de sedimentación de un frente deltaico.

En base a Ward et al., 1973 la Formación Aguardiente se encuentra conforme con la subyacente Formación Mercedes y la superyacente Formación Capacho. La edad por medio de análisis paleontológicos en Richards, 1968 determina un intervalo entre Cenomaniano al Turoniano.

**18 Formación Capacho (K1c)** Según Ward et al. (1973) el nombre de esta formación fue designado por Wilhelm Sievers para designar afloramientos de caliza cerca al pueblo Capacho Viejo en Táchira Occidental, Venezuela. Capacho es la formación superior del Grupo Cogollo, el cual incluye la formación Apón y la

Formación Aguardiente; en la Concesión Barco se encuentra aflorando esta unidad en la que afloran tres miembros así:

Miembro Guayacán: constituido por calizas gris-marrón, muy fosilífera, en capas masivas con intercalaciones de shale gris oscuro a negro, no calcáreo, parcialmente limoso y micáceo.

Miembro Medio: conformado por shale gris oscuro a negro, no calcáreo, con una pequeña cantidad de capas de limolita y de calizas grises arcillosas y fosilíferas.

Miembro Inferior: Conformado por shale negro de estratificación delgada, muy calcáreo, bituminoso, con alto contenido de materia orgánica, con foraminíferos, y caliza gris oscuro con foraminíferos.

Ward et al. (1973) indicó que espesor de esta unidad varia de 175 metros a 435 metros aumentando de norte a sur, que se correlaciona con la parte superior de la Formación Simití del Valle Medio del Magdalena, y que se produce petróleo en los tres miembros anteriores en el Anticlinal Petrolea de la Concesión Barco el cual está controlado por fracturas, donde las capas contienen alto contenido de materia orgánica y petróleo que se pudo haber originado dentro de la formación.

Según Royero y Clavijo (2001), esta unidad sedimentaria se depositó en un ambiente marino de aguas tranquilas, evidenciado por la presencia de glauconita y pellets fosfatizados, también indicó que el espesor de esta formación varía entre 350 y 450 metros.

Según Fúquen et al. (2011), la Formación Capacho suprayace de forma concordante la Formación Aguardiente e infrayace también de forma concordante la Formación La Luna, en las estribaciones del Río Zulia se encuentra el contacto fallado de esta formación con la Formación Colón-Mito Juan; y en cuanto a la

edad, basándose en la fauna colectada en Venezuela y en Colombia (lamelibranquios, amonitas y foraminíferos) se le asignó un rango de edad que va desde el Albiano Superior, hasta el Turoniano.

En el área se observa fajas pequeñas al norte del municipio El Zulia y en los límites de El Zulia con Santiago. Una importante faja se encuentra aflorando desde el Norte de Gramalote hasta la región sur oriental se Salazar donde se bifurca en dos, otra faja abarca desde el sur de Santiago, atravesando Durania donde se bifurca y una faja que atraviesa Pamplona de norte a sur hasta llegar al norte de Mutiscua y una faja que atraviesa mutiscua de norte a sur. Se observan otras fajas pequeñas al norte del municipio Arboledas, en los límites de Cucutilla con Pamplona hasta llegar al norte de Mutiscua.

En la cuenca esta formación está representada litológicamente por lodolitas y areniscas.

**Fotografía 15. Formación Capacho (K1c). Coordenadas: 1142224 m E, 1363094 m N, 943 msnm.**



**19 Formación La Luna (K2I)** Fue descrita por Garner en Julivert, et al. (1968) y el nombre procede de la quebrada La Luna al noroccidente de Perijá, Zulia (Venezuela). Según Arias y Vargas 1759, esta unidad se encuentra como sección tipo en la Serranía de Perijá, Estado de Zulia, Venezuela, sin embargo, de acuerdo a la similitud litológica con la unidad en Colombia, el nombre es restringido hacia el noreste, en donde se subdivide en los miembros Salada, Pujama y Galembo, dada por Wheeler, quien definió las secciones tipo en las quebradas Salada, Pujamana y Cerro del Galembo, Cuadrante H-12.

Royero y Clavijo, 2001 describen esta formación como calizas gris oscuras, arcillosas, lutitas grises a negras, calcáreas, en capas delgadas, lutitas gris oscuras con delgadas intercalaciones de calizas arcillosas, concreciones de calizas con fósiles, que alcanzan más de dos metros de diámetro y capas delgadas de chert negro y también capas fosfáticas hacia la parte superior. En el Valle Medio del Magdalena la Formación La Luna se subdivide en tres miembros: el inferior Salada, el intermedio Pujamana y el superior Galembo, estos miembros están compuestos por capas duras de 5-20 cm de espesor, de estratificación muy regulares y uniformes, las cuales presentan un espesor variable, así para el Miembro Salada de 50-131m, 50-234m para el Pujamana y 180-274m para el Miembro Galembo.

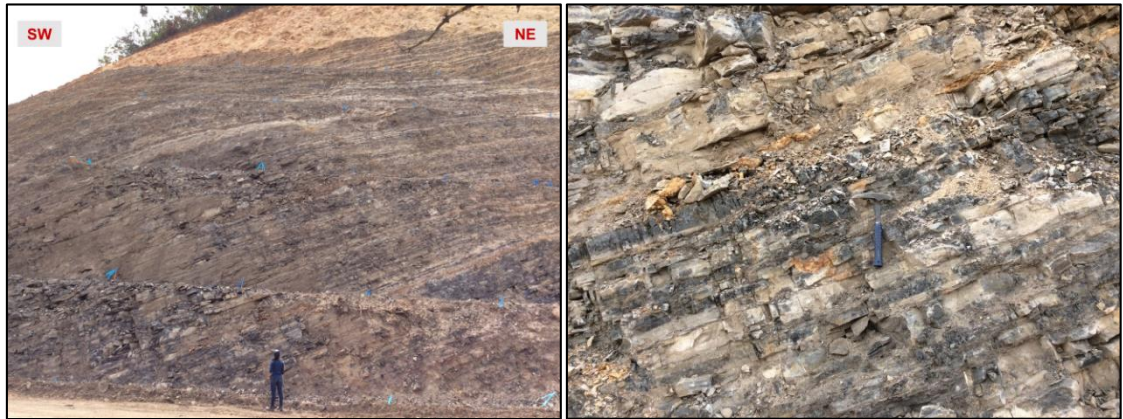
De acuerdo a Royero y Clavijo, 2001, el ambiente de depositación es marino de aguas relativamente poco profundas, con poca ventilación en el fondo; el contacto de la Formación La Luna con la infrayacente Formación Simití es concordante, pero su contacto con la suprayacente Formación Umir, es de inconformidad y representa periodo de erosión anterior a la depositación de las lutitas de Umir.

La edad de esta formación ha sido asignada por medio del análisis de amonites, pelecípedos y foraminíferos, dando un intervalo del Turoniano hasta el Santoniano (Ward et al, 1973).

Esta unidad se encuentra en la cuenca en forma de fajas delgadas que atraviesan los municipios Gramalote, Santiago, Salazar Arboledas, Cucutilla, Pamplona y Mutiscua.

Litológicamente esta formación en la cuenca comprende litologías de tipo lodolitas y areniscas.

**Fotografía 16. Formación La Luna (K2l). Orientación S48W-N48E. Coordenadas: 1141021 m E, 1352196 m N, 810 msnm.**



**20 Formación Colón-Mito Juan** De acuerdo con Fúquen et al., 2011, fueron definidas separadamente por Garner (1926) y Liddle (1928) (en Julivert, et al., 1968) y luego por Notestein et al. (1994) en Royero y Clavijo (2001). Ward et al 1973 define, la sección tipo de esta unidad ubicada en el Distrito de Ayacucho al norte de esta población, con un espesor de 900m integrada principalmente por shales gris oscuro a negro duro, localmente pirítico, concoide e irregularmente fracturado; sin embargo en la quebrada Mito Juan, sobre el flanco del domo Norte de Petróleo de la Concesión barco (Cuadrante F-13), presenta un menor espesor de 215 a 460m, la cual está constituida por shale gris a gris oscuro, ligeramente calcáreo, físil, foraminífero, con nódulos y lentes delgadas de arcilla “ironstone” marrón, (Notestein et al., 1944 en Royero y Clavijo 2001).

Según Royero y Clavijo 2001, esta unidad es depositada en un ambiente nerítico (Chert, foraminíferos bentónicos) a sublitoral (lamelibranquios). Hacia la parte inferior, intermedio y superior baja es dado por un ambiente litoral (restos de plantas, de lamelibranquios, lentes y fragmentos de carbón), mientras que la parte superior alta pertenece a un ambiente deltaico- transicional con una marcada influencia continental.

Según Ward et al. (1973) la Formación Colón-Mito Juan se encuentra reposando concordantemente sobre la Formación La Luna y en contacto superior con la Formación Barco; la sucesión contiene fauna perteneciente al Santoniano al Mastrichitano se correlaciona con la Formación Umir y también es comparable con la Formación Guaduas del área de la Sabana de Bogotá.

Esta unidad en el área estudiada aflora en una gran faja con dirección aproximadamente norte-sur que atraviesa los municipios El Zulia, Santiago y Durania. Otra faja se encuentra paralela a esta, atravesando los municipios Gramalote, Salazar y una parte de Arboledas, y una última faja delgada aflora al sur de Pamplona y atraviesa mutiscua. La litología allí se encuentra representada por areniscas de tipo subarcosas, y limolitas.

**Fotografía 17. Areniscas y lodolitas de la Formación Colón-Mito Juan (K2cmj). Coordenadas: 1153227 m E, 1374876 m N, 430 msnm.**



**22 Formación Barco (E1b)** Recibe este nombre debido a que la formación tipo se encuentra en el Filo Barco Oriental del Anticlinal Petrolea de la Concesión Barco en el Cuadrángulo F-13; allí esta unidad está compuesta por 215 metros de intercalaciones de arenisca, shale y arcillolita donde la arenisca comprende más de la mitad de la sección y se encuentra en capas de 0,3 a 2 metros de espesor, de color gris, arcillosas, de grano muy fino a medio, bien calibradas, con estratificación cruzada, localmente con abundantes láminas micáceas y carbonaceas y láminas de shale; se presenta crecimiento secundario de cuarzo sobre los granos de arena, produciendo las “arenas chispeantes”; los shales y arcillolitas intercalados con las arenas son de color gris oscuro, parcialmente limosos, micáceos y carbonaceos, presentan lentes delgados, nódulos pequeños de arcilla “ironstone” marrones y pequeños mantos de carbón. En los campos de Petrolea y Tibú-Socuavó de la Concesión Barco se produce petróleo en las areniscas de esta formación, el cual contiene gas en el anticlinal Sardinata donde la producción proviene principalmente de las “areniscas chispeantes” (Ward et al.,1973).

úquen et al. (2011) describe la litología de esta formación en la vía La Selva del cuadrángulo B-9 y al oeste de la Falla Gramalote, donde se compone de areniscas cuarzosas de color blanco, bien seleccionadas, micáceas, grises, amarillentas a blancas, de grano fino a medio, en capas tabulares de hasta 2 metros de espesor, con estratificación cruzada, intercaladas con capas delgadas de lodolitas grises claras a oscuras, micáceas y con estratificación plana-paralela; hacia el tope el espesor de las areniscas disminuye y el tamaño de grano se hace más fino, mientras que aumenta el espesor de las capas de lodolitas; y hacia al techo también se observan en algunos sectores lentes de carbón donde la formación presenta un espesor de 100 a 250 metros.

Los contactos de la Formación Barco se describen en Royero y Clavijo (2001) como concordante con la Formación Catatumbo y con la Formación Colón Mito-Juan las cuales la infrayacen, y también es concordante con la Formación Los Cuervos la cual la suprayace (Royero y Clavijo, 2001).

A esta formación se le asigna una edad del Paleoceno Inferior asignada en base a polen descrito por Trump y Salvador, (1964) en Ward et al. (1973) y se indica un ambiente fluvial de agua salobre; Según Royero y Clavijo (2001) esta formación indica un ambiente depositacional que varía de fluvial a deltáico subcontinental.

En la cuenca se encuentra en una importante faja que aflora en toda la región norte de la cuenca, atravesando los municipios Tibú, Cúcuta, El Zulia, Santiago, San Cayetano y Durania. También se encuentran fajas pequeñas al sur del municipio Santiago y en el límite norte-sur de Salazar con Arboledas. Allí la litología se encuentra representada por areniscas cuarzosas.

**Fotografía 18. Formación Barco (E1b). Coordenadas: 1163458 m E, 1394626 m N, 192 msnm.**



**23 Formación Los Cuervos (E1lc)** Fue descrita por Notestein, et al. (1944) en Royero y Clavijo (2001), en el área de Concesión Barco y su sección tipo se encuentra en la Quebrada Los Cuervos, afluente del Río Catatumbo, arriba de Puerto Barco, Norte de Santander. La Formación Los Cuervos descansa concordantemente sobre la Formación Barco. El contacto superior con la Formación Mirador aparentemente es concordante, aunque se ha discutido mucho que localmente es discordante (DePorta, et al., 1974 en Royero y Clavijo, 2001).

En cuanto a su litología, está constituida en su parte inferior por lodolita gris a gris oscura, carbonosa e intercalaciones de areniscas, con algunas capas explotables de carbón; en la parte media se compone de areniscas, color gris amarillentas, cuarzosas, localmente feldespáticas, con pequeñas intercalaciones de lodolitas de color gris oscuro, carbonosas y con capas de carbón entre 0,10 y 2,50 m de espesor y en la parte superior presenta lodolitas grises, carbonosas, ligeramente micáceas y ferruginosas, con delgadas intercalaciones de areniscas grises, carbonosas (Ward et al., 1973). Royero y Clavijo (2001) asume que el ambiente de

depósito fue transicional (deltáico), basados principalmente en la presencia de mantos de los mantos de carbón reportados.

La edad es del Paleoceno superior al Eoceno inferior, establecida por Van Der Hammen (1958 en Fúquen et al., 2011) a partir de datos palinológicos. Esta unidad es correlacionable con la parte superior de la Formación Lisama (localizada al occidente del Departamento de Santander) y parte inferior de la Formación La Paz en el Valle Medio del Magdalena. Su espesor varía entre 245 – 490 m aproximadamente. Según Royero y Clavijo (2001) el ambiente de depositación varía de fluvial a deltaico subcontinental. Mientras, en el área del Departamento de Norte de Santander, en los municipios de Durania y Villa del Rosario, Fúquen et al. (2011) reporta su espesor entre 200 – 750 m.

En el área de la cuenca se encuentra aflorando una gran faja de esta formación desde la región más norte en el municipio de Tibú atravesando la región occidental de Cúcuta. Otra gran sección aflora desde la región norte de El Zulia atravesando los municipios Santiago, San Cayetano, Durania y el sur de Cúcuta. Se encuentran fajas más pequeñas al oriente de Cúcuta, en la región sur de Santiago y otra en el límite de Salazar y Arboledas. En la cuenca esta formación está compuesta litológicamente por lodolitas y areniscas.

**Fotografía 19. Areniscas y lodolitas de la Formación Los Cuervos (E1lc). S35E-N35W. Coordenadas: 1156275 m E, 1363040 m N, 667 msnm.**



**24 Formación Mirador (E2m)** La Formación Mirador recibe este nombre por el Cerro Mirador del Anticlinal Tarra del Distrito Colón, en Zulia Sur-Occidental en Venezuela, donde predominan allí areniscas masivas de grano fino a grueso, de color claro, limpias, con capas conglomeráticas que contienen guijos de cuarzo; en la parte inferior la arenisca es menos limpia y de estratificación más delgada, es común también la estratificación cruzada y las marcas de oleaje (Ward et al., 1973).

Fúquen et al. (2011) describió la litología en el nororiente plancha 98 en los alrededores del Carmen de Tonchalá en la Vía Cúcuta; en Bucaramanga se compone de areniscas cuarzosas de color gris a blanco, de grano fino a medio, con algunos niveles conglomeráticos, intercalados con algunos niveles de lodolitas grises y carbonosas; y hacia la parte alta de la formación se presentan areniscas amarillentas a blancas, de grano fino a medio, ligeramente conglomeráticas, donde las capas son gruesas a medias con estratificación cruzada y ondulitas.

Según Royero y Clavijo (2001), esta unidad presenta un contacto inconforme con la Formación Los Cuervos que la infrayace y un contacto conforme con la Formación Carbonera, la cual lo suprayace.

En el Cuadeangulo H-13 el espesor de esta formación varía entre 210 y 235 metros y en la Concesión Barco el espesor varía de 160 a 400 metros; y se correlaciona con la formación La Paz de la sección del Valle Medio del Magdalena (Ward et al., 1973).

Van der Hammen (1958) en Ward et al. (1973) dató esta unidad mediante la evidencia palinológica, indicando una edad de Eoceno Inferior para la mayor parte de la formación y de Eoceno Medio para la parte superior.

En la cuenca se presentan dos grande fajas de esta unidad, la primera se presenta con dirección aproximadamente norte-sur, atravesando los municipios Tibú y Cúcuta hasta el norte de El Zulia. La segunda faja aflora desde la región central de El Zulia atravesando los municipios Santiago, San Cayetano, Durania y parte de Cúcuta. Se encuentran fajas más pequeñas al sur de Santiago y en el límite de Salazar con Arboledas. En cuanto a la litología presente allí, está dominada por areniscas.

**Fotografía 20. Areniscas de la Formación Mirador (E2m). Orientación S55W-N55E. Coordenadas: 1157135 m E, 1376987 m N, 240 msnm.**



**25 Formación Carbonera (E2c)** La Formación Carbonera deriva su nombre de la quebrada Carbonera, afluente del río Zulia, en el flanco oriental del Anticlinal La Petróleas de la Concesión Barco. (Ward et al, 1973).

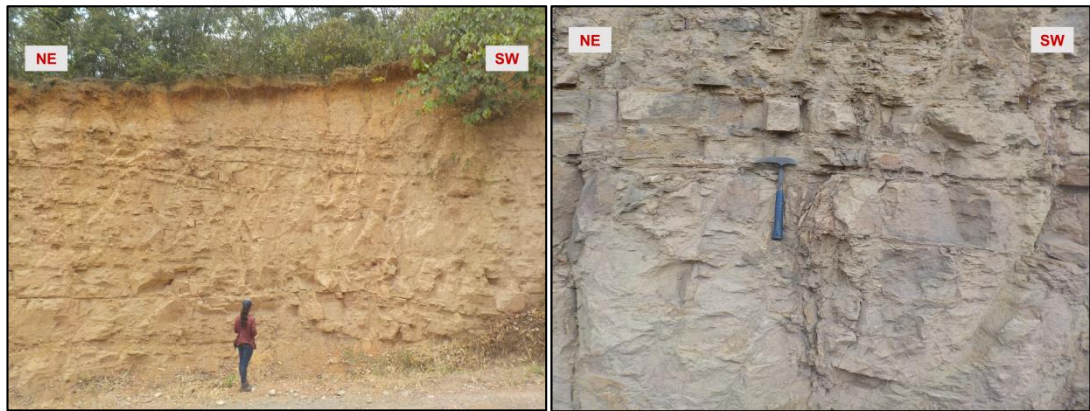
Litológicamente está compuesta por una secuencia de lodolitas, de color gris a gris verdosa, ferruginosas; con intercalaciones de areniscas de cuarzo, arcillosas, con restos carbonosos; presenta capas de carbón en las partes inferior y superior (Royero y Clavijo, 2001). En su sección tipo se presentan además algunas capas delgadas de caliza, en los intervalos carboníferos y raras zonas glauconíticas de limitada extensión lateral, y hacia la base y parte alta se tienen capas de carbón y esporádicos lentes de calizas; allí los sedimentos de esta unidad se depositaron en un ambiente continental a localmente epicontinental y el espesor se estima entre 410 y 720 m (Ward et al, 1973).

La edad fue determinada como del Eoceno Superior - Oligoceno Inferior (Van Der Hammen, 1958 en Fúquen et al., 2011), y según Ward et al., (1973) es

comparable con la parte alta de la Formación Esmeraldas y la parte baja de la Formación Mugrosa del Valle Medio del Magdalena.

De esta formación en el área de trabajo se encuentra una gran faja que abarca desde la región más norte de la Cuenca, en el municipio Tibú, atravesando Cúcuta, El Zulia, San Cayetano y Durania. También se encuentran tres fajas más pequeñas paralelas entre sí que se encuentran aflorando en la región sur-este de Cúcuta y una última faja aflora entre los municipios de Salazar y Arboledas. En cuanto a su litología, esta formación en el área está compuesta principalmente por lodolitas y areniscas.

**Fotografía 21. Formación Carbonera (E2c). Orientación N3E-S3W. Coordenadas: 1163458 m E, 1355374 m N, 799 msnm.**



**26 Formación León (E3I)** La Formación León deriva su nombre de la Quebrada León, afluente del río Zulia. Litológicamente está compuesta por predominantemente por lodolitas grises y gris verdoso, con escasas intercalaciones de areniscas de cuarzo, grises, grano fino a medio. (Royero y Clavijo, 2001, Fúquen et al., 2011). Presenta un contacto normal con la Formación Carbonera y concordante con el Grupo Guayabo (INGEOMINAS, 1967 en Fúquen et al, 2011).

El espesor de esta formación es de aproximadamente 545 m. En cuanto a su edad, es determinada a partir de datos palinológicos y corresponde con edad Oligoceno Medio. Esta formación es correlacionable con las formaciones Mugrosa y Colorado del Valle Medio del Magdalena (Royero y Clavijo, 2001).

Según Ward et al. (1973), el ambiente de depositación es determinado a partir de sus características litológicas, definiendo que la Formación León sugiere un ambiente de depositación transicional deltaico.

Se encuentran dos fajas importantes aflorando en la cuenca, la primera aflora desde la región más norte del área, desde Tibú hasta el Norte de El Zulia atravesando Cúcuta, y la segunda faja aflora desde la región Central de El Zulia, atravesando San Cayetano hasta la región central de Cúcuta. La litología en el área se encuentra representada por lodolitas y areniscas.

**Fotografía 22. Formación León (E3l). Orientación S30E-N30W. Coordenadas: 1171376 m E, 1372190 m N, 280 msnm.**



**27 Formación Guayabo (E3g)** Según Ward et al. (1973), la Formación Guayabo deriva su nombre del cerro Guayabo, localizado en el Distrito Colon, en la República de Venezuela. Su sección tipo para la República de Colombia, está ubicada en su sección expuesta en la quebrada León. Litológicamente está

compuesta de base a techo, por arcillas arenosas y grises con areniscas (186 m), arcillas y arcillas arenosas con algunas areniscas (181 m), areniscas y localmente arcillas moteadas (436 m) (De Porta, 1974 en Fúquen et al., 2011). Van Hauten & James (1984) redefinen el Grupo Guayabo en cercanías de Cúcuta, dividiéndolo de base a techo en tres formaciones: Cúcuta, Cornejo y Urimaco (Fúquen et al, 2011).

El espesor de la Formación Guayabo es de 803 m en la sección de la Quebrada León, pero en esta sección falta la parte superior de la formación (De Porta, 1974 en Fúquen, 2011). El Grupo Guayabo reposa concordantemente sobre la Formación León; el límite es nítido cuando los niveles de arenas del Grupo Guayabo descansan sobre las shales de la Formación León. La parte superior de la formación está en discordancia angular con los depósitos cuaternarios.

En cuanto a su edad, se considera Oligoceno Superior – Mioceno, determinada a partir de estudios fósiles de foraminíferos, realizados por James (1977) y Van Houten y James (1984) en Royero y Clavijo, (2001) y es correlacionable con el Grupo Real del Valle medio del Magdalena.

En la cuenca se observa una importante faja que aflora desde la región oriental de Tibú hasta el norte de El Zulia atravesando a los municipios San Cayetano hasta la región central de Cúcuta. Otra faja se localiza desde la región central de El Zulia atravesando a los municipios San Cayetano hasta la región Central de Cúcuta. Se encuentran dos fajas más pequeñas al norte de la región oriental de Cúcuta. Su litología en la zona está representada por arcillolitas arenosas y areniscas algunas veces conglomeráticas.

**Fotografía 23. Formación Guayabo (E3g). Orientación N54E-S54W.  
Coordenadas: 1158993 m E, 1363233 m N, 310 msnm.**



## **28 Depósitos**

### **a. Depósitos coluviales (Qco)**

Para Ward et al. (1973), estos depósitos representan áreas con depósitos de deslizamiento gruesos, talud, corrientes de lodo y de otros depósitos coluviales que se agrupan en una sola unidad en el mapa geológico; son los más comunes en pendientes fuertes, particularmente donde roca más resistente descansa sobre otra menos resistente; en cuanto a la edad, se cree que se desarrollaron durante el Pleistoceno y Holoceno en donde los deslizamientos son activos en toda la zona; y en las áreas montañosas, los depósitos aluviales son escasos.

Según Fúquen et al. (2011), Los depósitos coluviales y de pendiente son producto de la erosión, presentando una geomorfología ondulada y se componen por sedimentos tamaño bloque a arcilla de diferente composición.

b. Depósitos de terraza (Qt)

Ward et al. (1973) los define como Terrazas o remanentes de terrazas las cuales se encuentran más arriba de la actual superficie de inundación, que tienden a ser anchas, extensas y menos disectadas en los tramos superiores de los valles, y que también se presentan terrazas fragmentarias más pequeñas y bajas con superficies no muy por encima del actual plano de inundación.

c. Depósito glaciales (Qg)

Se encuentran depósitos de cantos de “till” en los flancos y pisos de algunos de los valles encima de los 3.200 m de altitud, en varios sectores del Cuadrángulo H – 13. Presentan forma lineal a media luna y ocurren como morrenas a lo largo de los valles o como morrenas laterales y terminales que los flanquean y atraviesan; en algunos sitios depósitos fluvioglaciales cubren los pisos de los valles; y en muchos lugares, las morrenas terminales han sido parcial a enteramente removidas por corrientes fluvio – glaciales o modernas y solamente quedan las laterales. Sin embargo, morrenas terminales bien formadas están preservadas en algunos sitios, como en la quebrada El Salado, al norte del centro urbano del Municipio de Vetas y en la quebrada Ramírez, al este del centro urbano del Municipio de Cachiri (Ward et al., 1973).

Según Ward et al. (1973), los depósitos morrenicos están bien desarrollados y fácilmente accesibles al norte de centro urbano del Municipio de Berlín, sobre la carretera a al centro urbano del Municipio de Vetas; estos depósitos glaciales se forman por glaciales de circo, que en un principio ocuparon las cabeceras de valles favorablemente situados, donde las morrenas difícilmente llegan a los 3.200 m de altitud, y sobre esta altura la erosión glacial es común y áreas extensas de roca fresca desmantelada del material meteorizado están expuestas,

particularmente encima de los 3.600, como en Morro Nevado; allí los lagos glaciales son comunes en áreas con estas características.

d. Depósitos aluviales (Qal)

Los conforman los depósitos no consolidados de aluviones, coluviones, derrubios glaciares y fluvioglaciares que son considerados del Holoceno (Royero y Clavijo, 2001). Ward et al. (1973), expone que los depósitos fluviales son las áreas más extensas de los aluviones que flanquean las corrientes principales y que en las áreas montañosas los depósitos aluviales son escasos; y según Fúquen et al. (2011), los depósitos aluviales son aquellos que se encuentran a lo largo de los valles de los ríos y quebradas.

**6.1.3 Geología Estructural** El territorio comprendido en la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia se encuentra atravesado por numerosas fallas, pliegues y ligamientos, donde la naturaleza de las fallas y la magnitud de los pliegues permite diferenciar una región occidental caracterizada por fallas de rumbo y una región oriental caracterizada por fallas inversas, pliegues, anticlinales y sinclinales amplios que determina los estilos estructurales de fallamiento en bloques en la región occidental y de fallamiento inverso y plegamiento en la región oriental (Clavijo 1994).

Allí destacan algunos sistemas fallados como el de Aguardiente-Hortensia-Carbonera que es un sistema inverso y de cabalgamiento; y como el de Chitagá-Morro Negro-Pamplona el cual presenta actividad reciente (Clavijo 1994).

**6.1.3.1 Fallas** Dentro de las fallas más representativas para la Cuenca del Río Zulia se encuentran las fallas: Carbonera, Cerro, Falla Gramalote, Falla Hortensia, Falla Leoncito, Falla Morro Negro y la Falla Mutiscua.

**6.1.3.2 Falla Carbonera** Es una falla definida de tipo inversa o de cabalgamiento, con rumbo aproximadamente norte-sur, que encuentra al norte de la cuenca, al sur de Tibú a límites del Municipio de Cúcuta y que corta a la Formación Mirador.

**1 Falla Cerro** La Falla Cerro se encuentra al norte del territorio del municipio El Zulia en el límite nor-occidental de la cuenca y pone en contacto a la Formación Carbonera y a la Formación Los Cuervos.

**2 Falla Gramalote** Es una falla de tipo inversa o de cabalgamiento, con rumbo nor-este a aproximadamente norte-sur que se encuentra en la zona centro-oeste de la cuenca, desde el sur de Gramalote hasta la región nor-oeste de Salazar, que corta a la Formación La Luna y que pone en contacto en algunas regiones a la Formación Capacho.

**3 Falla Hortensia** Es una falla de tipo inversa, con rumbo aproximadamente norte-sur, que se encuentra en la zona nor-oeste de la cuenca y que atraviesa la Formación Carbonera.

**4 Falla Leoncito** Se encuentra al nor-este de la cuenca, al sur del municipio de Tibú, en límites con el área de Cúcuta, presenta rumbo nor-oeste y atraviesa a la Formación Barco.

**5 Falla Morro Negro** Esta falla se encuentra al sur-este de la cuenca, cruzando los municipios de Bochalema, Arboledas, Mutiscua, Cucutilla y Pamplona, con rumbo aproximadamente norte-sur y en su extremo norte con rumbo nor-este que atraviesa al neis de Bucaramanga y que en algunas regiones pone en contacto a la Formación Tibú-Mercedes con la Formación Aguardiente.

**6 Falla Mutiscua** Se encuentra al sur de la cuenca, atravesando los municipios de Cucutilla, Pamplona y Mutiscua, cruzando la Formación Floresta y poniendo en contacto al sur a la Formación Diamante y a la Formación Silgará.

**6.1.3.3 Pliegues** En la región nor-oriental es donde se encuentran la mayoría de áreas plegadas en la cuenca hidrográfica del río Zulia, entre ellos se encuentra el Anticlinal Aguardiente, Anticlinal Tasajero, entre otros<sup>16</sup>. A continuación se describen cada uno de los anticlinales y sinclinales presentes en el área de estudio.

**1 Anticlinal de Cúcuta** Se encuentra ubicado al sur-este de la cuenca, en el municipio de Cúcuta hacia el Sector Sur; este anticlinal presenta rumbo nor-este y afecta a las formaciones del cenozoico como a la Formación Los Cuervos y a la Formación Mirador.

**2 Anticlinal de Gramalote** Se encuentra ubicado en el sector sur-este de la cuenca en el municipio de Santiago y Salazar por las veredas La Patilla, Carrizal, Agua Dulce y La Ensellada, afectando principalmente a la Formación Aguardiente, a la Formación Silgará y a la Formación Capacho.

**3 Anticlinal Gonzalez** Se observa al nor-este de la cuenca en el municipio El Zulia, Se encuentra ubicado en la vereda Cerro León, afectando a la secuencia del cenozoico y entre ellas las La Formación Cuervo y la Formación Barco.

**4 Anticlinal Aguardiente** Se encuentra ubicado al nor-oeste de la cuenca, en el municipio El Zulia por las veredas Rancho Grande, Porvenir y Pan de Azucar. Este anticlinal se presenta con rumbo nor-este y afecta a la Formación Colón, a la Formación Colón-Mito Juan y a la Formación Silgará.

---

<sup>16</sup> CLAVIJO TORRES, Jairo. Op. Cit.

**5 Anticlinal Leoncito** Se encuentra localizado al nor-este de la cuenca, al oeste de Cúcuta, que afecta todas las formaciones de la secuencia del Cenozoico, incluyendo a la Formación Mirador, la Formación Carbonera, La Formación León y la Formación Guayabo.

**6 Anticlinal Mucurara** Se encuentra ubicado al nor-este de la cuenca, hacia el sector occidental del municipio de Cúcuta. Este anticlinal presenta rumbo nor-este y afecta a formaciones del cenozoico como a la Formación Guayabo, la Formación León y la Formación Carbonera.

**7 Anticlinal Tasajero** Se encuentra ubicado al nor-este de la cuenca presentando rumbo nor-este, en el municipio de Cúcuta, hacia el sector sur; afectando a la Formación León.

**8 Sinclinal Cañaguate** Se encuentra en la región central de la cuenca, dentro del municipio de Santiago, en la vereda Cornejita. Este sinclinal afecta a la formación Mirador, a la Formación Los Cuervos y a la Formación Barco.

**9 Sinclinal Carbonera** Sinclinal inferido que se encuentra ubicado al sur-este de la cuenca, con rumbo nor-oeste, en la región oeste del municipio de Mutiscua, que afecta a la Formación Barco, a la Formación Los Cuervos y a la Formación Colón-Mito Juan.

**10 Sinclinal Zulia** Se encuentra localizado al nor-este de la cuenca, hacia el sector occidental de municipio de Cúcuta y en el municipio El Zulia hacia las veredas Camilandia, Rampachala, La Colorada y Nueva Esperanza; afectando a todas las formaciones de la secuencia del cenozoico.

## **6.2 DESARROLLO DE COMPETENCIAS**

A lo largo de la práctica empresarial se desarrollaron competencias como lo es el trabajo en equipo debido a que durante el enfoque correspondiente a la realización de descripciones de muestras de suelo, se trabajó con la ayuda de auxiliares de laboratorio, los cuales también eran los encargados de realizar los ensayos de laboratorio a las muestras. Durante el enfoque correspondiente al trabajo de campo en la Cuenca Hidrográfica del Río Zulia, a la entrega de anexos y a la realización de la memoria técnica, esta competencia se vio aún más fortalecida debido a que en las actividades realizadas en oficina se trabajó en conjunto con ingenieros civiles que dirigen el proyecto y geólogos especialistas en sistemas de información geográfica encargados de la realización de la cartografía, en el trabajo de campo se trabajó también en conjunto con auxiliares de campo, conductores, y otros geólogos, por lo cual fue necesario mantener una buena relación con el equipo de trabajo para poder realizar un trabajo satisfactorio tanto en campo como en oficina, ya que cada labor realizada dependió una de la otra.

## 7. CONCLUSIONES

- Los suelos menos aptos para la elaboración de obras civiles son aquellos suelos que han presentado movimientos recientes como los suelos transportados coluviales recientes y los suelos transportados antrópicos (rellenos) por su bajo grado de compactación.
- Los suelos más aptos para la realización de obras civiles son los suelos transportados aluviales que corresponden a depósitos antiguos, y los suelos residuales, debido que a que presentan un alto grado de compactación y estabilidad.
- En el trabajo de campo se comprobó 13 unidades geológicas de las 27 que presenta la cuenca que corresponden al Neis de Bucaramanga, a la Formación Silgará, a la Formación Ortoneis, al Granito de Arboledas, a la Formación Capacho, a la Formación La Luna, a la Formación Colón-Mito Juan, a la Formación Barco, a la formación Los Cuervos, a la Formación Mirador, a la Formación Carbonera, a la formación León y a la Formación Guayabo.
- Con la obtención de la salida cartográfica final de unidades geológicas, se determinó que aproximadamente un 50% de la cuenca correspondiente a la zona norte y centro corresponde a rocas sedimentarias cretácicas y terciarias que contienen litologías de tipo lodolita y arenisca, las cuales presentan poca resistencia a la meteorización y erosión, por lo que presentan una alta susceptibilidad a producir posibles eventos amenazantes.
- En la región centro y sur de la cuenca correspondiente aproximadamente al otro 50% de ella, se encuentran aflorando rocas ígneas y metamórficas, las

cuales son rocas de alta dureza, con competencia muy alta que presentan una baja susceptibilidad a producir eventos amenazantes.

- En el trabajo de campo de unidades geológicas superficiales se realizaron en total 38 estaciones y se encontraron suelos principalmente transportados coluviales, pero también se encontraron suelos residuales de diversas litologías y suelos transportados glaciares.
- El suelo más representativo encontrado en la cuenca corresponde al suelo transportado coluvial que corresponde aproximadamente al 80% de las estaciones realizadas en campo que se encuentran distribuidas a lo largo y ancho de la cuenca, lo que manifiesta una alta susceptibilidad a producir eventos amenazantes como lo son las avenidas torrenciales y los movimientos en masa.
- Se fortalecieron competencias sociales como el trabajo en equipo ya que todas las labores fueron realizadas en compañía de otros profesionales y auxiliares cuyas labores se complementan entre sí.

## 8. RECOMENDACIONES

- Las descripciones geotécnicas de suelos a pesar de ser cortas, son bastante completas teniendo en cuenta que una descripción de suelo no debe ser muy extensa por que se torna aburrida para quien la lee, sin embargo, se recomienda que se tenga en cuenta la mineralogía del material material y la compactación ya que dependiendo de las condiciones del medio, el suelo se puede tornar inestable.
- La información tomada durante la estadía en campo se vio muy limitada por el tiempo con el que se contaba y por la distancia entre las estaciones por lo que hubiera sido mejor que haber realizado una salida de campo específica para geología y otra para Unidades Geológicas Superficiales UGS.
- a partir de la información obtenida en campo se observa que en la cuenca se presenta alta susceptibilidad a ocurrir eventos amenazantes, tal como ya ha ocurrido en el pasado, por lo tanto se deben tomar medidas respecto a esto para que en caso de que ocurran catástrofes, la población se vea afectada lo menos posible.

## BIBLIOGRAFÍA

CABALLERO, Victor; PARRA, Mauricio y MORA, Andres Roberto. Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno Tardío-Oligoceno Temprano: Proveniencia Sedimentaria en el Sinclinal Nuevo Mundo, Cuenca Valle Medio del Magdalena. Boletín de Geología. 2010, nro. 32, nro. 1, p. 45-77.

CLAVIJO TORRES, JAIRO. Memoria explicativa del mapa geológico generalizado del departamento de Norte de Santander. Ingeominas. 1994, nro. 12182, p.1-47.

ETAYO-SERNA, Fernando; Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras; Geological Survey (U.S.) Mapa de Terrenos geológicos de Colombia. Bogotá, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, Publicación geológica especial del INGEOMINAS. 1983, nro. 14-15, P. 1-235.

FONDO DE ADAPTACIÓN. Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Colombia. 2014. p. 1-125.

INVIAS. Sección 100- Suelos (INV E-13). Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual). INV E 102-13. 2013. p. 15-28. [Consultado 30 agosto 2016]. Disponible en: <http://labsueloscivil.upbbga.edu.co/sites/default/files/SECCI%C3%83%E2%80%9CN%20100%20INV%20E-13.pdf>

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Guía técnica para la formulación de los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS. Colombia. 2014. p.1-104.

# **ANEXOS**

(Ver documentos adjuntos)